



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 846–2014

Behovet av borttillförsel vid kvävegödsling av barrskog på fastmark

Boron additive needed in nitrogen fertilisation of coniferous forest on mineral soil

Folke Pettersson

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 846–2014

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

Titel:

Behovet av borttillförsel vid kvävegödsling av barrskog på fastmark.

Boron additive needed in nitrogen fertilisation of coniferous forest on mineral soil.

Bildtext:

Borbristskador i SLU-försöket Norrliden. Foto Lars Högbom.

Ämnesord:

Bor, N-gödsling, Mineraljord, tall, gran, tillväxtökning, tillväxteffekt, behov av borttillförsel.

Boron, N-fertilisation, mineral soil, Scots pine, Norway spruce, growth disorder, growth response, need for boron additive.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2014

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Folke Pettersson, jägmästare. Anställdes 1978 vid dåvarande Institutet för skogsförbättring för att arbeta med skogsgödlingsfrågor. Sedan mitten av 1990-talet har de huvudsakliga arbetsuppgifterna varit att utvärdera effekter av olika skötselåtgärder som röjning, gallring och skogsgödsling på skogsproduktion och ekonomi.

Abstract

At the end of the 1970s, attention was drawn to the fact that repeated fertilisation using only nitrogen (N) in coniferous forest on mineral soil could have a negative impact on growth in the form of dead shoots and needle loss at the tops of trees. This was due to a deficiency of the micronutrient element, boron (B). Since the mid-1980s, virtually all nitrogen fertiliser applied in Swedish forests has been enriched with boron.

This report comprises a review and evaluation of damage caused by boron deficiency, as shown in approximately 50 nitrogen fertilisation experiments set up in central and northern Sweden in the 1960s and 1970s. Fertiliser had been reapplied at least once using only N.

Results show that the risk of B-deficiency damage after pure N-fertilisation is strongly linked to simultaneous fulfilment of certain fertilisation and habitat factors. According to a review of the experiments, repeated N-fertilisation at short intervals (<8 years) in low-productive Scots pine stands in tough climatic locations risks causing B-deficiency damage.

Practical fertilisation now usually involves long fertilisation intervals of 9–10 years or more. Under this more extensive fertilisation regime, not even the risk area of the interior of northern Norrland displayed visible or growth-impairing B-deficiency damage.

Ultimately it is up to the forest owner to decide on whether to apply fertiliser containing only N or the more expensive N fertiliser with added B.

Innehåll

Sammanfattning	3
Inledning	4
Historik kring Borbristsskador efter N-gödsling på fastmark.....	4
Borbrist i SLU-försök	4
Borbrist i Skogsforskförsök	5
Borhaltiga N-gödselmedel.....	5
Syfte	6
Bor i barrskog.....	6
Träden.....	6
Funktion av B i barrträd	6
Kvävegödsling påverkar B-halten i årsbarr.....	7
Kritiska gränsvärden för B i barr.....	7
Effekter av B-bristsskador på trädutväxten	7
Skogsmarken.....	7
Olika former av B och adsorptionsreaktioner	7
Vittring och deposition.....	8
Organiskt material och årsmånsfluktuation.....	8
Riskmarker för B-bristsskador	9
Material och metoder	9
Resultat av analyserna och diskussion	10
Sammanfattning av försöksanalyserna	10
Försöksanalyser med kommentarer	10
1 Voullerim (Norrbottens län).....	10
2 Sunderbyn (Norrbottens län)	13
D98 Moskosel (Norrbottens län).....	15
D142 Harads (Norrbottens län).....	17
25 Gällivare (Norrbottens län)	19
26 Arvidsjaur (Norrbottens län).....	21
29 Tärnajaure (Norrbottens län)	21
Inga B-bristsskador i försök söder om Norrbottens län.....	23
Gödslingsintervallet har en avgörande betydelse för risken för B-bristsskador....	23
Borbristsskador har inte kunnat beläggas i granförsöken	25
Relativt stor variation i B-halt i årsbarr både mellan provytor och år	25
B-halten i årsbarr ökar med minskande breddgrad	26
Försök med olika givor av N och B	26
Det fungerade att tillföra B samtidigt med N	28
Diskussion.....	28
Kärvt klimat kan ha stor betydelse för uppkomsten av synliga B-bristsskador	28

Större minskning av B-halten i årsbarr efter omgödsling med kort intervall.....	28
Mängden växttillgängligt B och trädens näringsupptagningsförmåga torde vara försämrade under gödslingseffektperioden	29
Borbristskadornas effekter på gödslingseffekten.....	30
De synliga B-bristskadorna fanns i trädens massavedsdel	30
Hur omfattande var B-bristskadorna i de praktiska gödslingarna?.....	30
Ingen påverkan på den långsiktiga produktionsförmågan	31
Behövs B-haltigt kvävegödselmedel vid dagens skogsgödsling?.....	31
Slutsatser	32
Erkännanden	33
Referenser	33

Sammanfattning

Vid slutet av 1970-talet uppmärksammades att upprepad gödsling med enbart kväve (N) i barrskog på fastmark kunde orsaka tillväxtstörningar i form av döda skott och barrförluster i trädens toppar, till följd av brist på mikronäringsämnet bor (B). Fortsatta studier i början på 1980-talet visade att tillförsel av B i samband med N-gödsling eliminerade risken för tillväxtstörningar. Sedan mitten av 1980-talet har så gott som all skogsgödsling i landet utförts med B-berikade N-medel. I denna rapport redovisas en genomgång och utvärdering av B-bristskador i ett 50-tal N-gödslingsförsök från mellersta och norra Sverige. Försöken var anlagda på 1960- och 1970-talen, och var omgödslade minst en gång med enbart N.

Utvärderingen tyder på att risken för att B-bristskador ska uppstå efter ensidig N-gödsling är starkt kopplad till att vissa gödslings- och ståndortsfaktorer samtidigt är uppfyllda. Upprepad N-gödsling med täta tidsintervall (<8 år) i lågproduktiva tallbestånd i kärva klimatlägen riskerar att ge B-bristskador enligt den genomgång av försök som gjorts. Lågproduktiva tallbestånd i kärva klimatlägen kan klassificeras som ”marginalmarker” från ekonomisk gödslings synpunkt, varför gödsling av dessa marker kan ifrågasättas eller eventuellt gödslas en gång i slutet av omloppstiden. En faktor att väga in i beslutet är att dessa marker ofta är viktiga för rennäringen.

Vid praktisk gödsling tillämpas numera oftast långa gödslingsintervall på 9–10 år eller längre. Det betyder att man i dag tillämpar en gödslingsregim som inte heller i riskområdet norra Norrlands inland gav upphov till synliga eller tillväxtnedsättande B-bristskador. Dessutom används utrustning (GPS) som ger god precision vid spridningen. Vid skogsgödsling är det till syvende och sist skogsägaren som måste ta beslutet att gödsla med rent N-gödsel eller med ett dyrare N-gödsel med tillsatt B.

Inledning

Skador på skogsträd orsakade av brist på mikronäringsämnet bor (B) har rapporterats från ett stort antal länder från hela världen (Stone, 1990; Shorrocks, 1997). Borbrist yttrar sig som skador på trädens toppskott, och sprider sig nedåt till de översta grenarna. Barren utvecklas ofullständigt eller inte alls och sekundära skott bildas, vilket leder till grensamlingar och buskformiga trädkronor (Stone, 1990). Vid kraftig B-brist hos tall eller gran dör oftast toppskottet, vilket innebär att den apikala dominansen förloras.

För nordiska förhållanden har B-bristskador konstaterats bl.a. på träd i bestånd planterade på övergivna åkermarker och betesmarker, i t.ex. Finland (Ferm m.fl. 1992; Hytönen och Ekola, 1993) och i Sverige (Folkesson, 2007). I östra Finland finns en hel del exempel på att B-bristskador har uppkommit i yngre granbestånd som har planterats på marker där det tidigare ända in i modern tid har bedrivits svedjebruk (Hynönen m.fl. 1999; Hynönen & Makkonen, 2004; Saarsalmi & Tamminen, 2005).

Braekke (1979; 1983) rapporterade om framgödslade B-bristskador på dikade torvmarker efter gödsling med kväve (N) och andra makronäringsämnen som fosfor (P) och kalium (K). Enligt Braekke (1983) uppvisar dock naturliga barrskogar, som inte varit föremål för gödsling, kalkning, dikning, helträdsuttag etc. sällan några brister av mikronäringsämnen, varken i Norge eller i Sverige.

Historik kring Borbristskador efter N-gödsling på fastmark

Allt sedan skogsgödslingsforskningens start har man haft misstankar om att upprepad gödsling med enbart N på fastmark skulle kunna leda till brist på något annat näringsämne, främst makronäringsämnen som fosfor (P) eller kalium (K) (t.ex. Möller, 1983). Någon framgödslad brist på makronäringsämnen har dock inte kunnat konstateras i gödslingsförsök, inte ens vid höga givor och täta omgödslingsintervall (Jacobson och Pettersson, 2001; 2010). I slutet av 1970-talet och i början på 1980-talet konstaterades att B-bristskador hade gödslats fram med N eller N i kombination med andra ämnen som P, K, och kalkmedel på fastmarker i Sverige (Albrektson m.fl. 1977; Möller, 1983; Aronsson, 1983).

Borbrist i SLU-försök

I slutet av 1960-talet uppstod ”mystiska” skador i form av döda toppar i två SLU-försök i tallbestånd på fastmark med upprepad N-gödsling vartannat år. Det var få toppskador på ”rena” N-tytor men däremot omfattande skador på de N-tytor som även hade fått kalkmedel samt PK vid försöksstarten. Under det tidiga 1970-talet började liknande tillväxtstörningar uppträda i ett par andra SLU-försök med intensiv N-gödsling (Tamm m.fl. 1974; Holmen m.fl., 1976). Även i dessa försök var skadorna avsevärt mer omfattande på de tytor som hade gödslats med NPK samt kalkats än på de tytor som bara hade N-gödslats. Barranalyser visade att tillväxtstörningarna med stor sannolikhet hade förorsakats av B-brist (Albrektson m.fl. 1977).

Borbrist i Skogforsksförsök

Under den senare delen av 1970-talet började observationer av oförklarliga skador göras i några av dåvarande Institutet för skogsförbättrings (numera Skogforsks) gödslingsförsök (Möller, 1983). Skadorna liknade frostskaador, och även från praktiska gödslingar började enstaka rapporter om ”klimatskaador” komma in. Skadorna erhöll till en början ingen större uppmärksamhet, och man avskrev dem som ”normala klimatskaador”. När det visade sig att de endast uppträdde i norra Sverige och i bestånd som varit föremål för omgödsling med 5-7 årigt intervall väcktes misstanken om att skadorna kunde ha orsakats av B-brist, även om den för B-brist typiska förbuskningen saknades.

Barrprover visade att B-halten i årsbarr minskade kraftigt efter N-omgödsling och att det fanns en tydlig koppling mellan låga B-halter och de observerade tillväxtstörningarna i trädkronorna (Möller, 1983). De lägsta B-halterna (2–3 ppm B som lägst), liksom de tydligaste tillväxtstörningarna, registrerades på tallprovtytor efter täta omgödslingar (5–7 åriga intervall) med höga N-givor (240 kg N/ha och högre) i Norrbottens läns inland.

Enligt Möller (1983) är den med N framgödslade B-bristen på fastmark momentan under något eller några år, nämligen under det mest expansiva skedet av barrbiomassans tillväxtökning, för att därefter upphöra. De låga halterna av B i årsbarr vid det mest expansiva skedet av barrbiomassans utbyggnad är ett resultat av ”utspädningseffekter” enligt Möller (1983). Med en mer eller mindre konstant tillgång på växttillgängligt B i marken blir därför B-halten i årsbarr lägre vid barrbiomassaexpansionen.

Undersökningarna visade också att B-halten i årsbarr i ogödslad skog var som lägst i norra Norrlands inland (Möller, 1983). Detta förklarade varför tydliga tillväxtstörningar endast hade observerats i de nordligaste försöken. De naturliga B-halterna i årsbarr hos tall och gran i olika landsdelar visade sig ha ett ganska klart samband med en karta utvisande olika B-halter (”borzoner”) i sötvatten i landet, framtagen av Ahl och Jönsson (1972).

Borhaltiga N-gödselmedel

När problemet med B-bristskaador uppmärksammades fanns ingen kunskap om lämplig B-inblandning i N-gödselmedel för skogsgödsling. Det rådde också osäkerhet kring om det tillförda boret skulle kunna motverka B-bristskaador 2–3 år efter gödsling, då barmassaexpansionen är som störst. Detta eftersom B-medel är lösligt i vatten, och därför lätt borde kunna lakas ut ur rotzonen, och inte vara tillgängligt då B-behovet är som störst.

Gödslingsförsök med handspridning av olika givor med B (i form av lösligt medel som Gödslingsborat) och N visade att risken för framgödslade B-bristskaador kunde undvikas genom att berika N-gödselmedlet med B, motsvarande 1 kg B/ha vid N-givan 150 kg N/ha (Möller, 1983). Möller (1983) gav rådet att använda B-haltigt N-gödselmedel vid all gödsling i norra Norrlands inland, samt vid omgödsling i övriga områden norr om 60:e breddgraden. På basis av Möllers resultat startade produktionen av B-haltiga N-medel för skogsgödsling i mitten på 1980-talet. Sedan dess har så gott som all skogsgödsling i landet utförts med B-berikat N-gödselmedel.

Syfte

Sedan Möllers redovisning (1983) har tillväxtrevisioner utförts i de skadedrabbade försöken, varför B-bristskadornas inverkan på tillväxteffekten nu kan belysas. Den praktiska gödslingen har radikalt förändrats sedan Möller presenterade råden för användning av B-haltiga N-gödselmedel. Då råden togs fram tillämpade företagen N-omgödsling med 4–6 åriga intervall. I dag tillämpas oftast intervall på 10 år eller längre samt lägre totalgivor under en omloppstid. Enligt Skogsstyrelsens allmänna råd (www.skogsstyrelsen.se) bör totalgivan begränsas till 150–450 kg N/ha, beroende på läge i landet, med undantag för sydvästra Sverige, där det avråds helt från gödsling. Spridningsjämnheten av gödselmedlet är avsevärt bättre nu genom tillämpning av GPS-navigering.

Syftet med denna rapport är att redovisa:

- Allmänna kunskaper om B i barrskog.
- Under vilka förutsättningar och var i landet som B-bristskador har uppstått.
- En uppskattning av B-bristskadornas effekter på tillväxtökningen efter N-gödsling.
- En bedömning av nödvändigheten att använda B-haltigt N-gödselmedel vid dagens skogsgödsling.

Bor i barrskog

TRÄDEN

Funktion av B i barrträd

Bor är ett mikronäringsämne, vars funktioner i träden ännu inte är helt klarlagda. Ämnet har en viktig funktion i trädens tillväxtvävnader, och brist på B leder till skador på barr i form av oregelbunden cellstorlek och trasiga cellväggar. Trädens rot- och skotttillväxt hämmas i första hand vid B-brist (Stone, 1990). Rotttillväxten tycks vara ännu känsligare än skotttillväxten för B-brist (Dugger, 1983), vilket kan leda till ökad känslighet för vattenbrist (Dell och Huang, 1997). Brist på B minskar också antalet rotspetsar och därmed även mängden mykorrhiza (Lehto, 1994; Möttönen m.fl. 2001a).

Borbristskador på barr och knoppar resulterar i sänkt köldtålighet hos tall, och även i ökad känslighet för angrepp av *Gremeniella* (Dietrichson, 1968 i Kurkela, 1983). Detta beror på att knopparna får sämre invintringsförmåga (Räisänen m.fl. 2006). Det är ofta efter vintern som B-bristskador blir synliga i form av döda toppar och barrutglesning i den översta delen av trädkronan. Klyvöppningarnas funktion påverkas negativt av B-bristskador, vilket gör träden mer känsliga under torrperioder (Möttönen m.fl. 2001b). Torkstressade träd är i sin tur mer utsatta för insektsangrepp (Kolari, 1983).

Kvävegödsling påverkar B-halten i årsbarr

Borupptaget i träd anses vara en passiv process som är beroende av B-syra koncentrationen i marklösningen, membranpermeabilitet, komplexbildning i celler och transpirationshastigheten (Hu och Brown, 1997). Kvävegödsling medför en utbyggnad av barrbiomassan, som är störst under den andra och tredje vegetationsperioden efter gödsling, då även B-halten i årsbarr är som lägst (Möller, 1983). Detta indikerar att rörligheten av B mellan barrårgångarna är obetydlig (Dugger, 1983), samt att årsbarran får sitt B från den lättillgängliga poolen i marken (Aronsson, 1984). Senare forskning har emellertid visat att både tall och gran kan retranslokera bor i små men signifikanta mängder (Lehto m.fl. 2000; Lehto m.fl. 2004).

Kritiska gränsvärden för B i barr

Enligt Wikner (1983) är normala B-halter i barr mellan 5–20 ppm för tall och gran. Det kritiska gränsvärdet för att tillväxtstörningar ska kunna uppstå hos dessa trädslag är 4 ppm B i årsbarr enligt Braekke (1983) och Jukka (1988). Andra rapporter anger 5 ppm B som det kritiska gränsvärdet (Aronsson, 1983; Lipas, 1990; Hytönen och Ekola, 1993). Det är dock först vid B-halter omkring eller under 3 ppm i årsbarr som tillväxtstörningar började bli uppenbara och synliga hos tall och gran enligt Möller (1983) och Braekke (1983). Stone (1990) redovisade 2 ppm som det kritiska värdet för synliga skador.

Möller (1983) fann att B-halten i årsbarr tre vegetationsperioder efter N-omgödsling var 3–6 ppm lägre på N-omgödslande ytor än på kontrolltytor. Ju större N-giva som hade tillförts, desto större var sänkningen av B-halten. Där- emot syntes inte B-haltens ursprungliga nivå i barren ha påverkat sänkningens storlek. Risken för att N-gödsla fram B-bristskador är således som störst i bestånd med låga naturliga B-halter i årsbarr (d.v.s. i första hand i norra Norrlands inland) i kombination med korta gödslingsintervall med höga N-givor.

Effekter av B-bristskador på trädutväxten

Borbristskador verkar påverka höjdtillväxten mer negativt än diametertillväxten. Även vid lättare B-bristskador, med bibehållen apikal dominans, har höjdtillväxten blivit hämmad (Lipas, 1990; Stone, 1990; Saarsalmi och Tamminen, 2005). Borbristskador har dock bara en liten påverkan på diametertillväxten enligt Lehto m.fl. (2010).

SKOGSMARKEN

Olika former av B och adsorptionsreaktioner

I skogsmark förekommer B som borsyra ($B(OH)_3$) (dominerar vid $pH < 7$), som borat ($B(OH)_4^-$), som fastbundet i mineral eller i organisk substans samt i mikrobiell biomassa (Shorrocks, 1997). Träden kan bara ta upp borsyra löst i markvätskan (Goldberg, 1997). Borkoncentrationen i marklösningen, liksom mängden vattenlösligt B tillgängligt för växter kontrolleras till största del av adsorptionsreaktioner (Goldberg, 1997). Det B som är adsorberat till markpartiklar är inte växttillgängligt.

Med stigande pH ökar adsorptionen av B i marken (Wikner, 1983; Goldberg m.fl. 1993). Växttillgängligt B minskar därför om pH-höjande åtgärder som kalkning utförs (Goldberg och Glaubig, 1986). Dessutom minskar växttillgängligt B även med sjunkande vattenhalt i marken (Braekke, 1983; Goldberg, 1997). Enligt Goldberg (1997) ökar adsorptionen av B till markpartiklar vid stigande marktemperatur, men författaren förklarade att detta kan vara en effekt av att markfuktigheten minskar med stigande marktemperatur.

Vittring och deposition

Tillförseln av B från vittring är mycket liten. Bor finns huvudsakligen i mineralet turmalin, vilket är mycket svårvittrat (Eriksson, 1980). Områden med marina sediment kan innehålla relativt höga halter av B, framför allt om de är avsatta i vatten med hög salthalt, som Kattegatt och Skagerack (Landergren, 1944). Lerjordar är ofta avsatta i marin miljö och har hög B-halt. Andelen växttillgängligt B är dock lägre på lermarker än på grövre jordar pga. högre adsorption till markpartiklar (Goldberg, 1997). Grova jordar innehåller dock vanligen låga halter av B, och därför uppkommer B-brist oftast på sandiga jordar (Goldberg, 1997). På grova jordar kan dessutom B lättare lakas ut (Shorrocks, 1997).

Borsyra och borat är lösligt i vatten och lakas lätt ut ur marken för att så småningom nå haven (Wikner, 1983). Med hjälp av havsvindar och nederbörd återförs B från havet tillbaka in till land och till skogsmarken. Depositionen minskar med ökat avstånd till havet. I södra Sverige är B-depositionen betydligt högre än i norra Sverige (Wikner, 1983).

Organiskt material och årsmånsfluktuation

Enligt Power och Woods (1997) är vanligtvis ca 10 % av den totala mängden B i marken tillgängligt för växter. Det organiska materialet är en viktig del i marken som påverkar mängden växttillgängligt B, och organiskt material binder dessutom mer B än mineraljord på viktbasis (Goldberg, 1997). Det organiska materialet är även huvudkälla till lösligt B i marken (Gupta, 1968, i Eriksson, 1980).

En viss fluktuation i B-tillgänglighet mellan olika år torde kunna föreligga genom skiftande årsmån (temperatur, nederbörd, markfuktighet, torrperiod) samt av varierande mineraliseringstakt av B från det organiska materialet beroende av årsmånen. Efter gödning ska således en relativt konstant mängd tillgängligt B varje år fördelas på en större mängd nya årsbarr, vilket ger sänkt B-halt i årsbarr bildade under barrexpansionsskedet.

Riskmarker för B-bristskador

Utifrån dessa kunskaper kan det antas att följande marker i första hand skulle vara i riskzonen för B-bristskador vid intensiv N-gödsling på fastmark:

- Torra (grova) marker, framför allt i områden med låg B-deposition som i norra Sveriges inland.
- Marker med liten mängd organisk substans (t.ex. torra marker eller marker med historik av upprepade skogsbränder).
- Marker som tidigare utnyttjats för svedjebruk, bete eller åkerbruk. Beroende av historiken kan dessa marker ha brist på B eller andra näringsämnen, ha ett litet innehåll av organisk substans, eller ha ett högt pH p.g.a. utförd kalkning.

De mest uttalade riskmarkerna för B-bristskador efter N-gödsling på fast skogsmark torde således vara de svagare tallmarkerna i norra Norrlands inland. Dessa marker utgörs ofta av grövre jordar med lågt innehåll av organisk substans, samtidigt som tillförseln av atmosfäriskt B är mycket liten.

Material och metoder

I försöksmaterialet ingick analyser av ett 50-tal N-gödslingsförsök från mellersta och norra Sverige tillhörande Skogforsk. Försöken var anlagda på 1960- och 1970-talen, och var omgödslade minst en gång med enbart N. För att bedöma om B-bristskador hade uppstått efter N-gödsling användes följande uppgifter:

- Analyser av B-halter i årsbarr i de provtagna försöken.
- Anteckningar från okulär besiktning av trädkronorna vid inspektion eller revision av försök.
- Bearbetade revisionsdata i form av gödslingseffekt, avgång samt årlig grundytetillväxt enligt tillväxtborrningar.

Så gott som alla försök med N-omgödsling utan B hade besiktigats med avseende på tecken på befintliga eller gamla synliga B-bristskador. Okulära bedömningar av trädtoppar på höga träd inrymmer ett visst mått av osäkerhet och subjektivitet. Tillväxtstörningar eller skador i trädkronorna kan även ha andra orsaker än B-brist. Ett viktigt stöd för bedömningen av B-bristskador var analysdata av B-halter i årsbarr. Sådana data fanns från ungefär hälften av det 50-talet försöken.

Förloppet på den årliga grundytetillväxten efter N-gödsling var viktigt vid bedömningen av B-bristskador. Även i detta moment finns en viss grad av subjektivitet. Det beror på att väderleken (torrperioder, nederbörd) under de närmaste månaderna efter gödsling har viss betydelse för hur stor mängd N som träden kan ta upp, och därmed gödslingseffektens storlek. Särskilt urea har visat sig kunna ge ganska varierande tillväxteffekter. Vid varm och torr väderlek kan en del av ureakvävet gå förlorat i s.k. ammoniakavdunstning. Detta resulterar då i en mindre mängd tillgängligt urea-N för träden, och därmed i lägre tillväxteffekter än normalt.

Resultat av analyserna och diskussion

SAMMANFATTNING AV FÖRSÖKSANALYERNA

Genomgången visade att tillväxteffekt-nedsättande B-bristskador hade uppstått i fem av det 50-talet analyserade omgödslingsförsöken med enbart N. Skadorna uppkom efter omgödsling, aldrig efter den första gödslingen. Det kan inte utslutas att det kan ha förekommit lättare B-bristskador i en del andra ensidigt N-omgödslande försök, även om inte synliga tillväxtstörningar eller reducerad gödslingseffekt kunnat beläggas. Det fanns flera gemensamma faktorer för de fem försöken:

- Försöken fanns i Norrbottens läns inland.
- Försöksbestånden utgjordes av tallbestånd på svag mark (T16-T18).
- Borbristskadorna uppkom efter N-omgödsling med 5–7 årigt intervall.
- De största skadorna erhöles efter N-omgödsling med höga N-givor (240 kg N/ha och högre) och i tre försök hade skador uppstått efter omgödsling med normalgivor på 120–150 kg N/ha.

I de fem försök där tillväxteffekt-nedsättande B-bristskador hade uppstått tillfördes 2 kg B/ha vid den tredje eller fjärde N-gödslingen. Trots det blev gödslingseffekterna av denna gödsling förhållandevis svaga och klart lägre jämfört med den initiala gödslingen.

Det kunde inte konstateras några synliga tillväxtstörningar eller misstänkt svaga effekter pga. B-brist efter förstagångsgödsling eller efter N-omgödsling med långa intervall (9 år eller längre), inte ens vid mycket höga givor på 600 kg N/ha.

FÖRSÖKSANALYSER MED KOMMENTARER

1 Voullerim (Norrbottens län)

Försöksbeståndet utgjordes av drygt 100-årig tall vid anläggningen 1968. Ståndortsindex var T18. Marken var en frisk lingonristyp med ett ca 2 cm tjockt humuslager. I försöket testades tre N-givor (120-360 kg N/ha), två gödselmedel (urea och AN (ammoniumnitrat)) samt två tidpunkter för första N-omgödsling (6 respektive 9 år). Sexårigt intervall testades med såväl urea (försöksled 1-3) som AN (försöksled 4-6), Tabell 1. Dessa ytor gödsledes en tredje gång 1981, då även 2 kg B/ha tillfördes. Med 9-årigt gödslingsintervall prövades enbart AN (försöksled 7-9). Försöket omfattade två block.

Tabell 1.

Försöksled och gödslingstidpunkter i tallförsöken 1 Voullerim och 2 Sunderbyn. (Dessutom ingick försöksledet kontroll (ogödslat), försöksled 81). Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha.

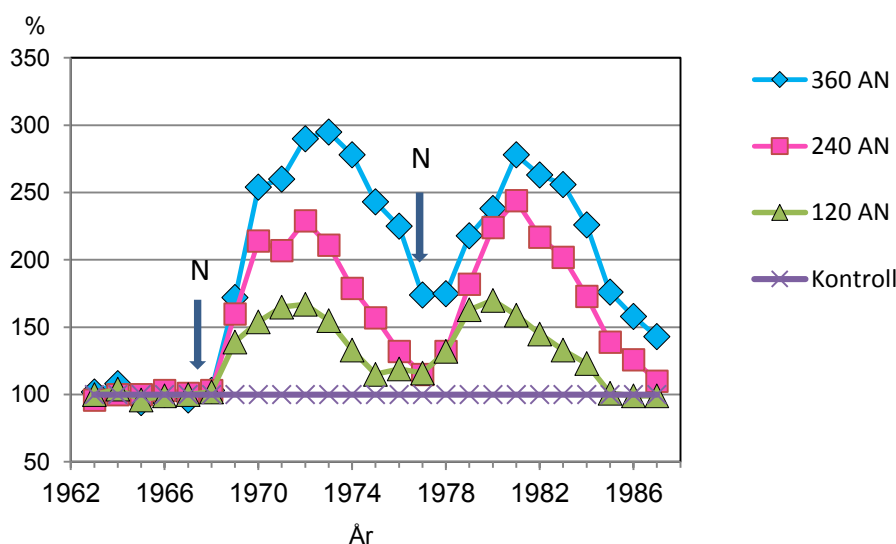
Gödselmedel	UREA			AN (ammoniumnitrat)					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Försöksled	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kg N/ha	120	240	360	120	240	360	120	240	360
1968	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1974	X	X	X	X	X	X			
1977							X	X	X
1981	X	X	X	X	X	X			
Totalt, kg N/ha	360	720	1 080	360	720	1 080	240	480	720

Borhalten i årsbarr bildade tre vegetationsperioder efter N-omgödsling var för AN-ytorna med 9-årigt intervall ungefär hälften av kontrollytornas, 3,4 – 3,9 ppm i gödslade ytor och 7.15 ppm i kontrollytornas (Tabell 2). Vid barrprovtagningen observerades inga synliga tillväxstörningar på AN-ytorna med 9-årigt omgödslingsintervall. För samtliga försöksled med 9-årigt omgödslingsintervall blev tillväxteffekterna efter omgödsling ungefär lika stora som efter den första gödslingen (Figur 1).

Tabell 2.

N- och B-koncentration i 1979 års årsbarr i tallförsöket 1 Voullerim. Gödsling med 9-årigt intervall 1968 och 1977. Medeltal av två block.

Behandling	N-halt, %	B-halt, ppm
Kontroll	1,12	7,15
120 kg N/ha, AN	1,25	3,90
240 kg N/ha, AN	1,41	3,40

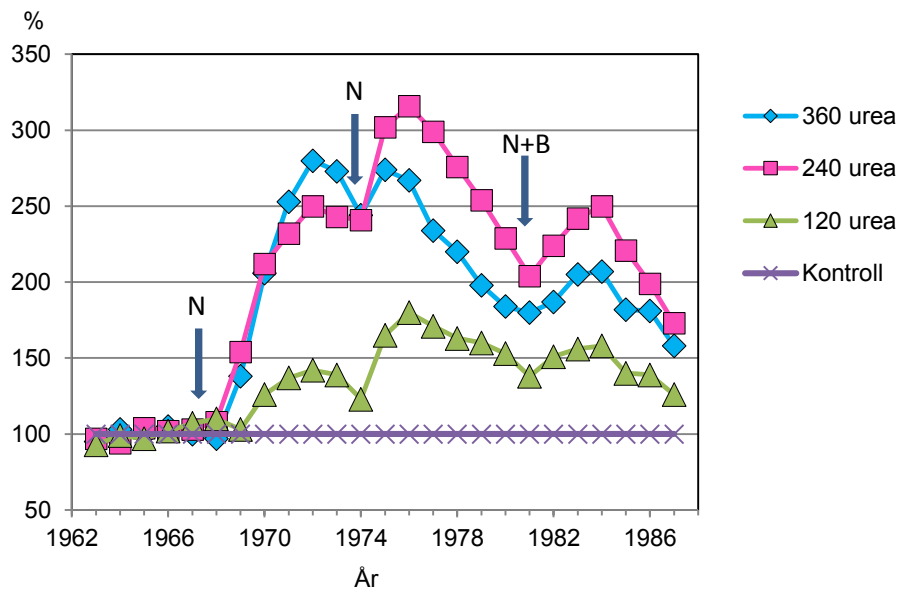


Figur 1.

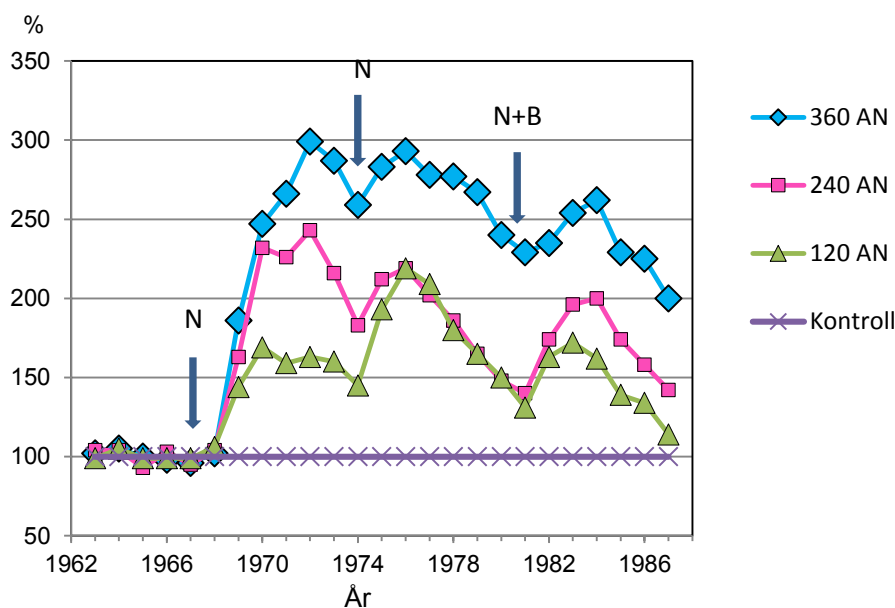
Relativ grundytetillväxt i tallförsöket 1 Voullerim. Ytor gödslade 1968 och 1977 med 120–360 kg N/ha i form av AN. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.

Vid barrprovtagningen observerades för ytorna med 6-årigt gödslingsintervall tillväxtstörningar på ytorna med den högsta givan, både på urea och AN ytorna (barrprover samlades dock inte in). Enligt förrättningsmannens anteckningar var ”samtliga träd starkt skadade i toppen” på de båda ytor som hade gödslats med 360 kg N/ha som urea. I de två ytor som hade gödslats med 360 kg N/ha i form av AN uppvisade trädtopparna däremot endast ”början till skador”.

Trots de observerade tillväxtstörningarna bedömdes dock inte tillväxteffekten av 1974 års gödning ha påverkats negativt, varken för urea-ytorna (Figur 2) eller AN-ytorna (Figur 3). Bedömningen grundade sig på att den högsta tillväxtökningen under ett enskilt år var ungefär lika stor eller större efter omgödning som efter den första gödningen. Försöket i Voullerim ingår således inte bland de fem försök där gödningseffekt-nedsättande B-bristskador hade uppstått. Vid den sista N-omgödningen 1981 tillfördes på dessa ytor 2 kg B/ha. Trots B-tillförelsen blev tillväxteffekterna av denna gödning lägre jämfört med de föregående gödningarna (Figur 2–3).



Figur 2. Relativ grundytetillväxt i tallförsöket 1 Voullerim. Ytor gödslade 1968, 1974 och 1981 med 120–360 kg N/ha i form av urea. Vid 1981 års gödning tillfördes 2 kg B/ha. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.



Figur 3.
Relativ grundytetillväxt i tallförsöket 1 Voullerim. Ytor gödslade 1968, 1974 och 1981 med 120–360 kg N/ha i form av AN. Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.

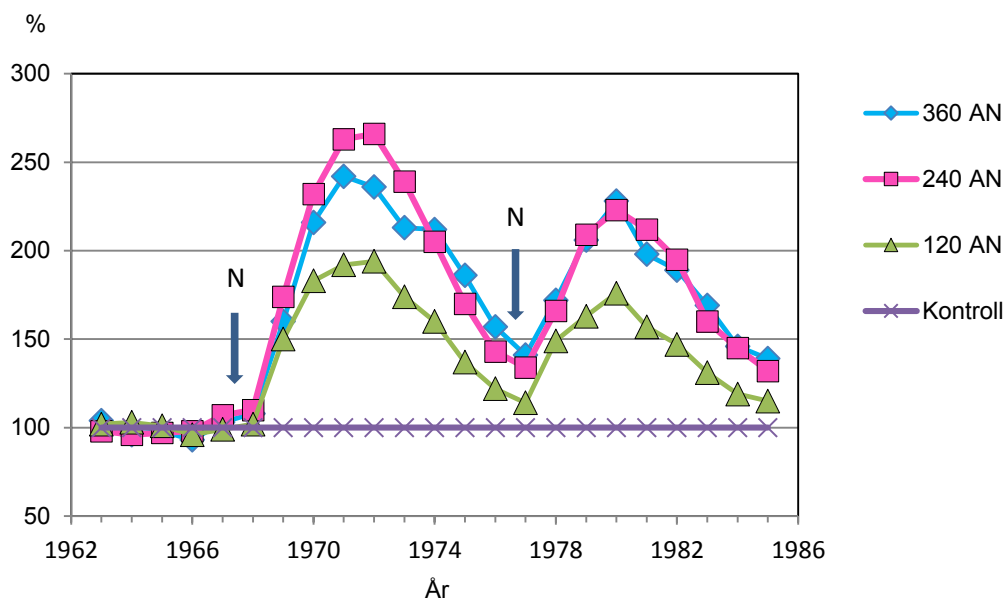
2 Sunderbyn (Norrbottens län)

Försöksbeståndet utgjordes av 110-årig tall vid anläggningen 1968. Ståndortsindex var T17. Marken var en torr-frisk lignonristyp med ett ca 4 cm tjockt humuslager. Försöket ingick i samma serie som 1 Voullerim och försöksplan, försöksled och gödslingsår var identiska i dessa försök (Tabell 1). Försöket omfattade två block.

Vid barrprovtagningen observerades inga tillväxstörningar i försöket. Årsbarr bildade tre vegetationsperioder efter N-omgödsling med 9-årigt intervall uppvisade B-halter som klart översteg kritiska värden (Tabell 3). Det fanns ingen tendens till sänkning av B-halten i barren trots en normal stegring av N-halten med ökad N-giva. Den uteblivna sänkningen av B-halten avvek därför från alla andra N-omgödslingsförsök i tallskog som hade analyserats med avseende på B-halter i årsbarr. Grundytetillväxtförloppen talade också för att normala gödslings effekter hade erhållits efter N-omgödslingen på ytorna med 9-årigt intervall (Figur 4).

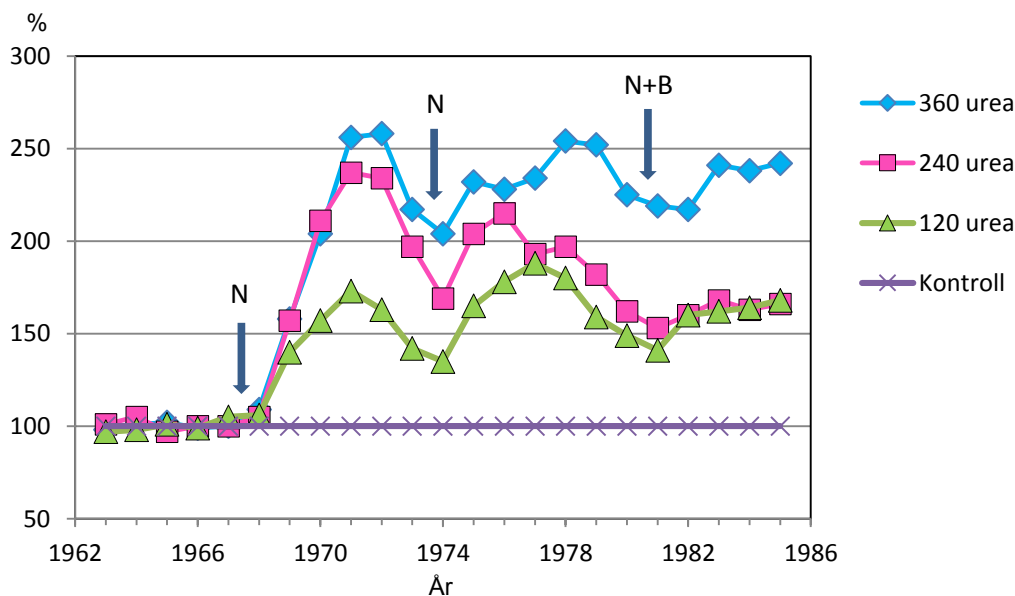
Tabell 3.
N- och B-koncentration i 1979 års årsbarr i tallförsöket 2 Sunderbyn. Gödsling med 9-årigt intervall 1968 och 1977. Medeltal av två block.

Behandling	N-halt, %	B-halt, ppm
Kontroll	1,17	8,50
120 kg N/ha, AN	1,28	8,90
240 kg N/ha, AN	1,35	8,65

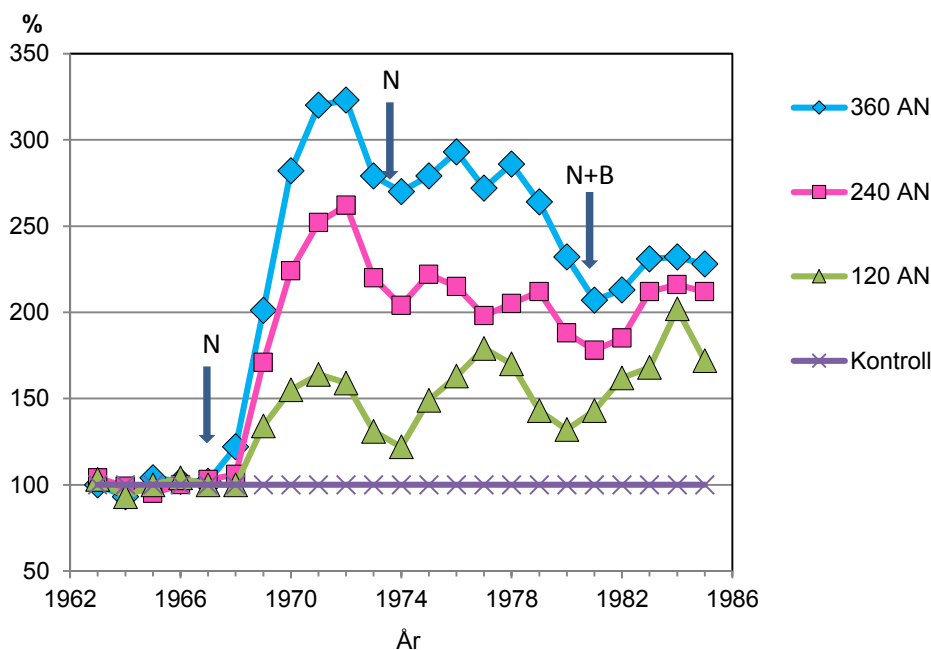


Figur 4.
Relativ grundytetillväxt i tallförsöket 2 Sunderbyn. Ytor gödslade 1968 och 1977 med 120–360 kg N/ha i form av AN. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.

De höga B-halterna i årsbarr på ytorna med 9-årigt intervall i kombination med att inga observationer av synliga B-bristskador ledde fram till bedömningen att det inte hade uppstått B-bristskador efter gödningen 1974 på ytorna med sex-årigt gödningintervall (Figur 5–6). De lite lägre omgödningseffekterna efter 1974 års gödning på ytorna med 240 respektive 360 kg N/ha i form av AN hade sannolikt orsakats av andra faktorer. Försöket i Sunderbyn bedömdes således inte ha haft gödningseffektnedsättande B-bristskador. Vid N-omgödningen 1981 tillfördes 2 kg B/ha på samtliga gödningssytor. Trots detta blev tillväxteffekterna svaga efter denna gödning (Figur 5–6).



Figur 5.
Relativ grundytetillväxt i tallförsöket 2 Sunderbyn. Ytor gödslade 1968, 1974 och 1981 med 120–360 kg N/ha i form av urea. Vid 1981 års gödning tillfördes 2 kg B/ha. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.



Figur 6.
Relativ grundytetillväxt i tallförsöket 2 Sunderbyn. Ytor gödslade 1968, 1974 och 1981 med 120-360 kg N/ha i form av AN. Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.

D98 Moskosel (Norrbottens län)

Försöksbeståndet utgjordes av 80-årig tall vid anläggningen 1967. Ståndsindex var T18. Marken var en torr ristyp med ett ca 4 cm tjockt humuslager. I försöket ingick fem givor i intervallet 120-480 kg N/ha i form av urea samt 120 kg N/ha i form av AN (Tabell 4). Försöket omfattade två block, och N-omgödsling gjordes tre gånger med 5-årigt intervall.

Tabell 4.
Försöksled och gödslingstidpunkter i tallförsöket D98 Moskosel. Gödsling med 5-årigt intervall 1967, 1972, 1977 och 1982. Vid 1982 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha. Medeltal av två block.

Gödselmedel		AN	UREA				
Försöksled	81	1	2	3	4	5	6
Kg N/ha	0	120	120	180	240	360	480
1967		X	X	X	X	X	X
1972		X	X	X	X	X	X
1977		X	X	X	X	X	X
1982		X	X	X	X	X	X
Totalt, kg N/ha	0	480	480	720	960	1 440	1 920

Efter den andra N-omgödslingen 1977 var B-halten i årsbarr bildade tre vegetationsperioder efter gödsling på klara bristnivåer (<3 ppm), undantaget ytorna med den lägsta urea-givan (Tabell 5). Vid barrprovtagningen observerades tillväxtstörningar i träd Kronorna, samt att störningarna var som mest uttalade för ytorna med den högsta N-givan.

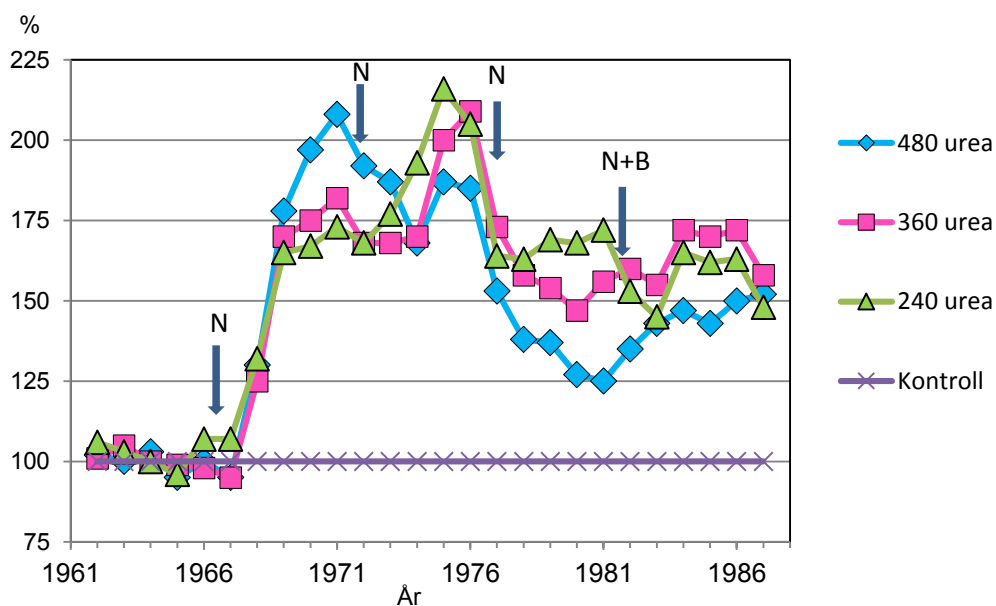
Tabell 5.

N- och B-koncentration i 1979 års årsbarr i tallförsöket D98 Moskosel. Gödsling med 5-årigt intervall 1967, 1972 och 1977. Medeltal av två block.

Behandling	N-halt, %	B-halt, ppm
Kontroll	1,13	7,55
120 kg N/ha, Urea	1,24	6,00
240 kg N/ha, Urea	1,38	1,90
480 kg N/ha, Urea	1,65	1,70
120 kg N/ha, AN	1,28	2,78

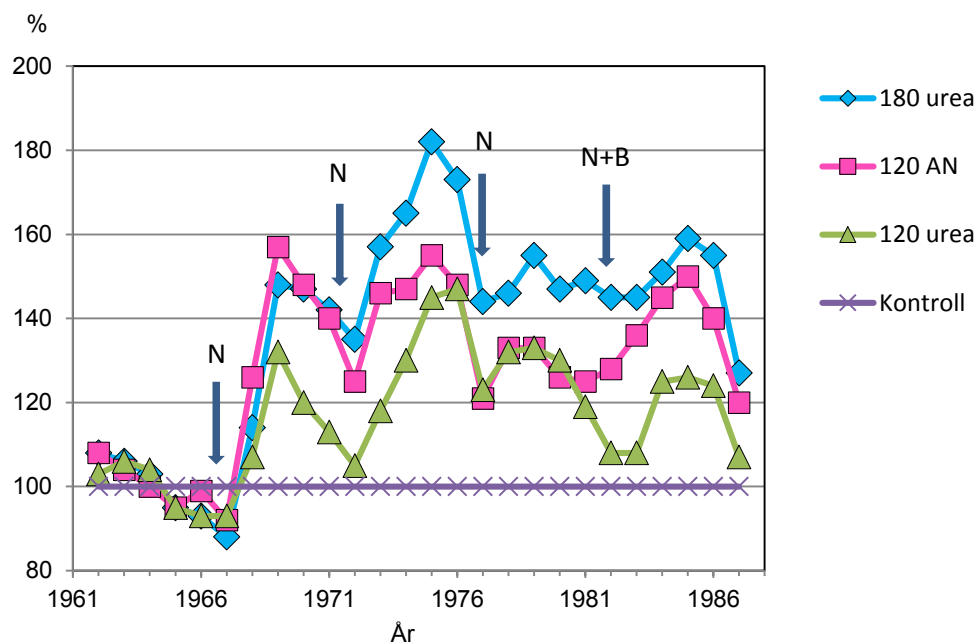
Grundytetillväxtförloppet talade för att det hade uppstått tillväxteffekt-nedsättande B-bristksador efter den första omgödslingen 1972 på ytorna med den högsta givan 480 kg N/ha (Figur 7). Efter den andra N-omgödslingen 1977 hade tillväxteffekt-nedsättande skador uppkommit på samtliga gödslingsytor, med undantag av ytorna med 120 kg N/ha i form av urea (Figur 7–8). Ytorna med den låga urea-givan hade så höga B-halter som 6 ppm (Tabell 5), varför B-bristksador inte torde ha förelegat.

Enligt grundytetillväxtförloppen torde ytorna med de högsta givorna 360 och 480 kg N/ha knappast ha tillväxtreagerat alls efter 1977 års gödsling (Figur 7). Försöket i Moskosel var ett av de tydligaste exemplen på framgödslade B-bristksador. Vid den fjärde N-gödslingen 1982 tillfördes 2 kg B/ha. Gödslingseffekterna blev dock för de flesta försöksleden betydligt svagare än efter den initiala gödslingen (Figur 7–8).



Figur 7.

Relativ grundytetillväxt i tallförsöket D98 Moskosel. Ytor gödslade 1967, 1972, 1977 och 1982 med 240–480 kg N/ha i form av urea. Vid 1982 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.



Figur 8.
Relativ grundytetillväxt i tallförsöket D98 Moskosel. Ytor gödslade 1967, 1972, 1977 och 1982 med 120–240 kg N/ha i form av urea samt 120 kg N/ha i form av AN. Vid 1982 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.

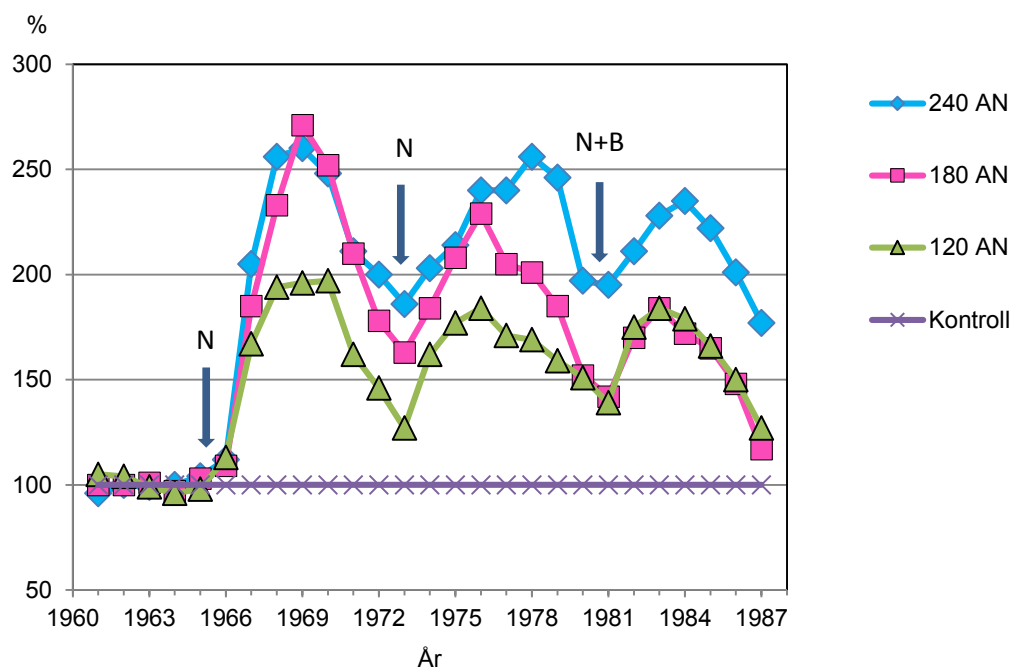
D142 Harads (Norrbottens län)

Försöksbeståndet utgjordes av 90-årig tall vid anläggningen 1966. Ståndortsindex var T18. Marken var en torr ristyp med ett ca 2 cm tjockt humuslager. I försöket ingick AN-ytor i intervallet 120–240 kg N/ha samt urea-ytor i intervallet 240–480 kg N/ha. (Tabell 6). Den första omgödslingen med enbart N gjordes med 7-årigt intervall. Försöket omfattade två block.

Tabell 6.
Försöksled och gödslingstidpunkter i tallförsöket D142 Harads. Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha på samtliga gödslingsytor, med undantag av ytorna med 240 kg N/ha i form av urea.

Gödselmedel		AN (ammoniumnitrat)			UREA		
Försöksled	81	1	2	3	4	5	6
Kg N/ha	0	120	180	240	240	360	480
1966		X	X	X	X	X	X
1973		X	X	X		X	X
1981		X	X	X	X	X	X
Totalt, kg N/ha	0	360	540	720	480	1 080	1 440

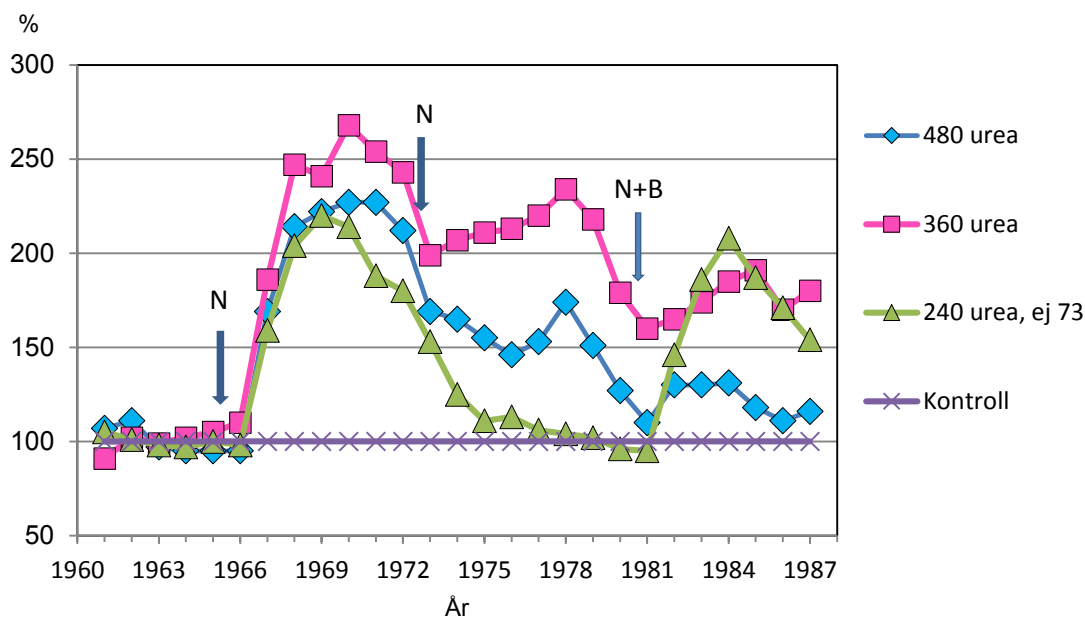
Vid den andra omgödslingen 1981, då även B tillfördes, gjordes anteckningen att ”på hela försöket har tydliga borskador observerats”. Tillväxteffekterna efter N-omgödslingen 1973 var dock normala enligt grundtytetillväxtutvecklingen för ytorna med de lägsta givorna 120–240 kg N/ha (Figur 9).



Figur 9. Relativ grundtytetillväxt i tallförsöket D142 Harads. Ytor gödslade 1966, 1973 och 1981 med 120–240 kg N/ha i form av AN. Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.

Relativt omfattande tillväxteffektnedsättande B-bristskador torde emellertid ha framkallats efter N-omgödslingen 1973 på ytorna med den högsta givan 480 kg N/ha (Figur 10). Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha, men trots detta blev tillväxteffekten av denna gödsling ännu något svagare än den föregående, framför allt för ytorna med 360 och 480 kg N/ha (Figur 10).

I försöket ingick två ytor med 240 kg N/ha i form av urea som enbart gödslades vid starten 1966 och 1981 (Figur 10). Även vid gödslingen 1981 tillfördes enbart N på dessa ytor. För dessa ytor blev tillväxteffekten efter 1981 års gödsling lika stor som efter startgödslingen, samt högst av alla ytor (Figur 9–10).



Figur 10. Relativ grundytetillväxt i tallförsöket D142 Harads. Ytor gödslade 1966, 1973 och 1981 med 240-480 kg N/ha i form av urea. Ytor med 240 kg N/ha gödslades inte om 1973 och fick ej heller Bor vid 1981 års gödsling. Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha på ytor med 360-480 kg N/ha. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.

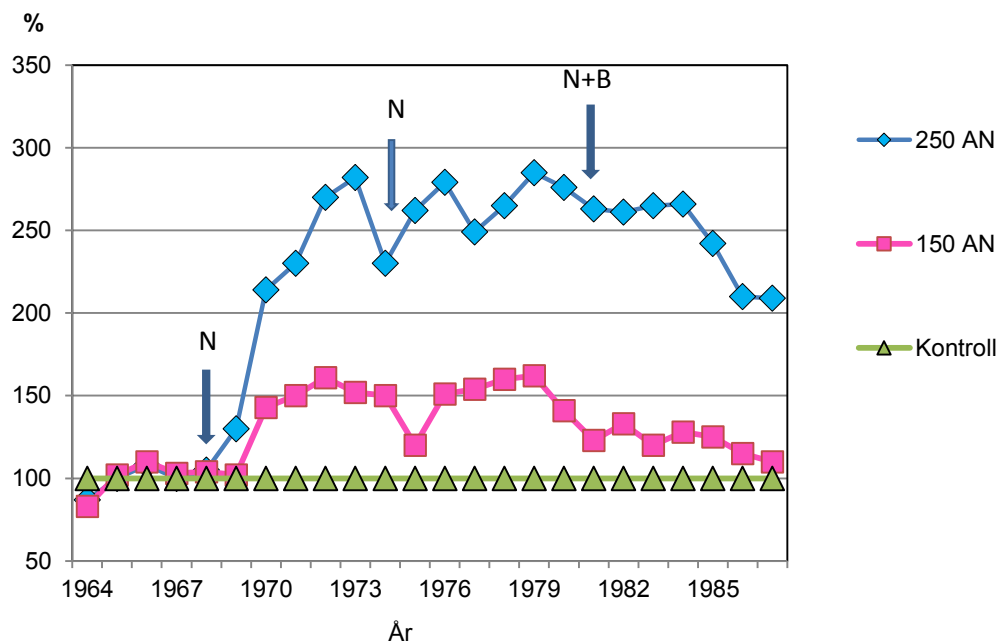
25 Gällivare (Norrbottens län)

Försöksbeståndet utgjordes av 115-årig tall vid anläggningen 1969. I block 1 var marken av frisk ristyp med ett 4 cm tjockt humuslager. Ståndortsindex var T18. I block 2 var marken av torr ristyp med ett 2 cm tjockt humuslager. Ståndortsindex var T16. I försöket ingick givorna 150 och 250 kg N/ha i form av AN (Tabell 7). Den första N-omgödslingen gjordes efter 6 år.

Tabell 7. Försöksled och gödslingstidpunkter i tallförsöken 25 Gällivare, 26 Arvidsjaur och 29 Tårarjåure. Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha på samtliga gödslingsytor, med undantag av ytor med 150 kg N/ha i 29 Tårarjåure, som endast fick Bor på halva ytan.

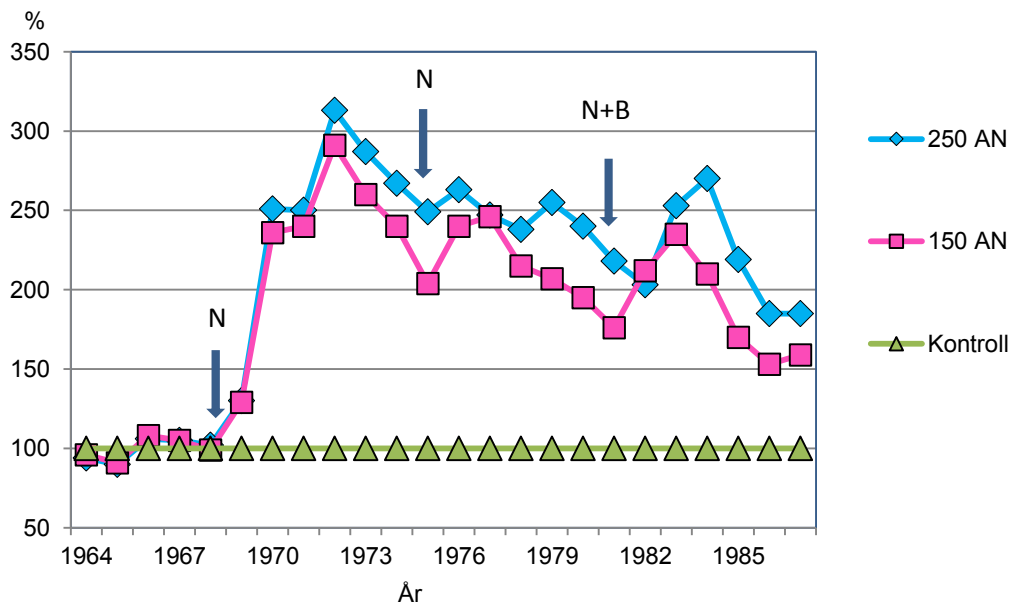
Gödselmedel	Försöksled	AN	
		1	2
Kg N/ha	81	150	250
1969		X	X
1975		X	X
1981		X	X
Totalt, kg N/ha	0	450	750

Vid besiktning hösten 1980 kunde inga tillväxtstörningar efter omgödslingen 1975 observeras i block 1 (frisk ristyp). Enligt grundytetillväxttutvecklingen hade inga tillväxteffektnedsättande B-bristksador förekommit (Figur 11). Vid den andra N-omgödslingen 1981 tillfördes 2 kg B/ha. Tillväxteffekterna blev emellertid lägre än efter de båda föregående gödslingarna (Figur 11).



Figur 11.
Relativ grundytetillväxt i tallförsöket 25 Gällivare, block 1. Ytor gödslade 1969, 1975 och 1981 med 150–250 kg N/ha i form av AN. Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha. Kontrollytans tillväxt är satt till 100 %.

Vid besiktningen observerades ”B-bristskadesymptom” i block 2 (torr ristyp), framför allt på ytan med 250 kg N/ha. Grundytetillväxtförloppen talade för att tillväxteffektnedsättande B-bristskador i första hand hade uppstått på ytan med 250 kg N/ha efter omgödslingen 1975 (figur 12). Vid den andra N-omgödslingen 1981 tillfördes 2 kg B/ha. Tillväxteffekterna efter 1981 års gödsling blev bättre än efter 1975 års gödsling, dock inte i nivå med första gödslingen.

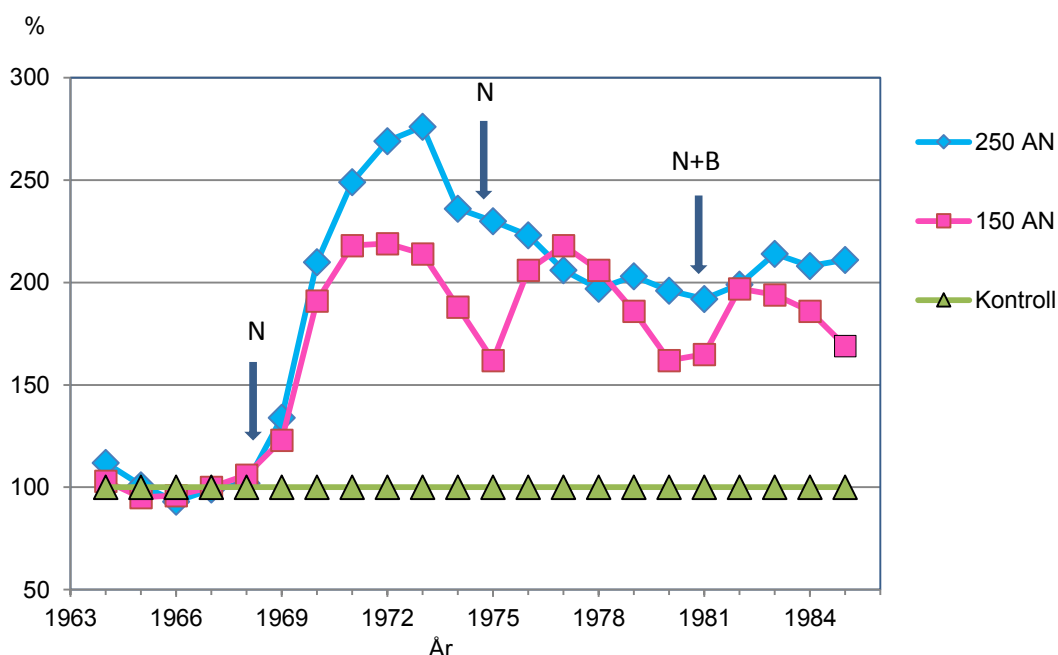


Figur 12.
Grundytetillväxt i tallförsöket 25 Gällivare, block 2. Ytor gödslade 1969, 1975 och 1981 med 150–250 kg N/ha i form av AN. Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha. Kontrollytans tillväxt är satt till 100 %.

26 Arvidsjaur (Norrbottens län)

Försöksbeståndet utgjordes av 100-årig tall vid anläggningen 1969. Ståndortsindex var T18 och marken var torr-frisk ristyp. Humuslagret var 3 cm i tjocklek. Försöket ingick i samma serie som 25 Gällivare (samma försöksled och gödslingstidpunkter, Tabell 7). Försöket omfattade två block.

Vid besiktning 1981 observerades inga B-bristskador. Grundytetillväxtförloppet efter N-omgödslingen 1975 visade på att ytorna med 250 kg N/ha hade tillväxtreagerat mycket svagt på omgödslingen (Figur 13). Detta talade för att relativt kraftiga B-bristskador hade framkallats efter N-omgödslingen på dessa ytor, även om det inte fanns några synliga skador vid besiktningen sex år efter gödslingen. Vid den andra N-omgödslingen 1981 tillfördes 2 kg B/ha. Tillväxteffekterna blev dock relativt dåliga (Figur 13).



Figur 13.

Relativ grundytetillväxt i tallförsöket 26 Arvidsjaur. Ytor gödslade 1969, 1975 och 1981 med 150–250 kg N/ha i form av AN. Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha på gödslingsytorna. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.

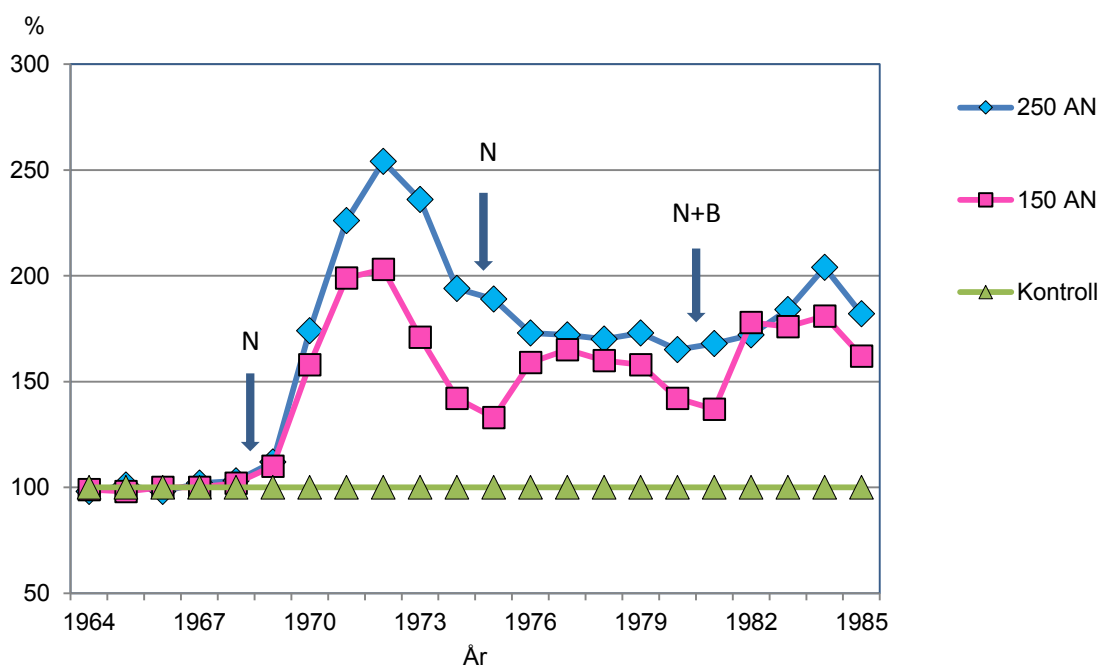
29 Tårarjaure (Norrbottens län)

Försöksbeståndet utgjordes av 85-årig tall vid anläggningen 1969. Ståndortsindex var T17. Marken var av frisk ristyp med ett ca 4 cm tjockt humuslager. Försöket ingick i samma serie som 25 Gällivare och 26 Arvidsjaur (samma försöksled och gödslingstidpunkter, Tabell 7). Försöket omfattade två block.

Vid besiktning 1980 observerades att många träd på gödslingsytorna ”såg allmänt sjuka ut” med ”torra eller tufsiga toppar”. Dessutom fanns en hel del döda träd på ytorna med 250 kg N/ha. Även ytorna med 150 kg N/ha hade haft en större trädavgång än kontrollytorna, dock i betydligt mindre grad än ytorna med den höga givan. Symptomen på skadorna liksom bristen på alternativa förklaringar gjorde att det kunde fastslås med stor säkerhet att B-brist efter N-omgödslingen 1975 var skadeorsaken. Försöket i Tårarjaure var det försök där de mest omfattande B-bristskadorna hade uppstått. De relativt stora trädavgångarna orsakades sannolikt av någon sekundär skadefaktor, den primära torde ha varit nedsatt vitalitet pga. svåra B-bristskador.

Tillväxtreaktionen efter N-omgödslingen 1975 blev mycket svag för ytorna med 250 kg N/ha (Figur 14). Med beaktande av de betydande stamavgångarna under perioden 1975–1981 resulterade omgödslingen i lägre nettotillväxt (bruttotillväxt minus avgång) jämfört med kontrollytorna under perioden 1975–1981. För ytorna med 150 kg N/ha blev tillväxteffekten av omgödslingen 1975 relativt svag (Figur 14), dock blev nettotillväxteffekten positiv eftersom det hade varit en måttlig förhöjd stamavgång.

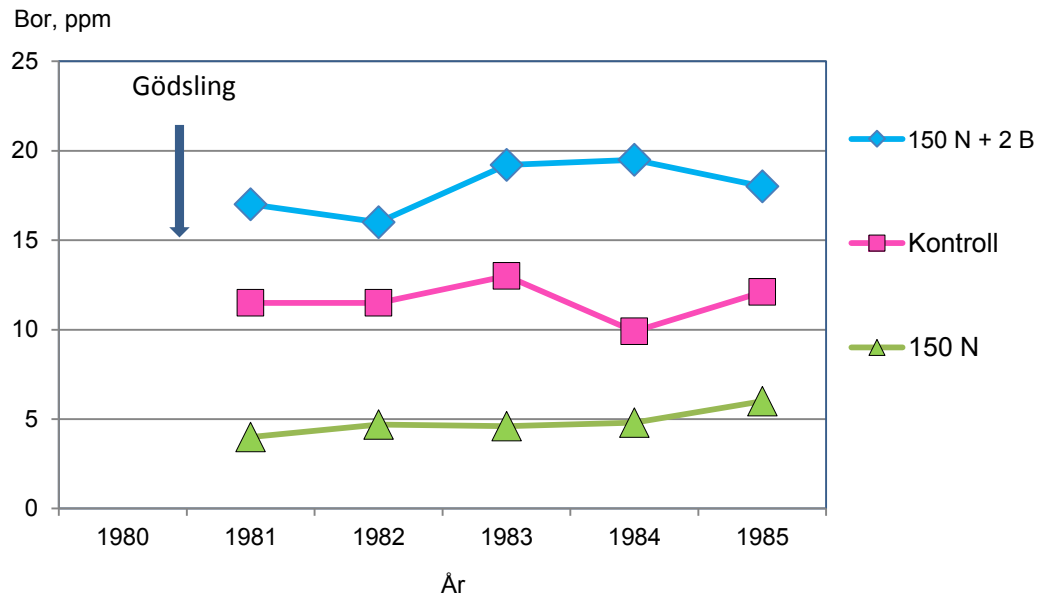
Borhalten i årsbarr 1981 var på kontrollytorna så pass hög som 11,5 ppm (Figur 15). Vid N-omgödslingen 1981 tillfördes 2 kg B/ha på den ena hälften av ytorna med 150 kg N/ha. På delytorna utan B-tillförsel var B-halten endast 4 ppm i årsbarr 1981, alltså en skillnad på nästan 8 ppm i förhållande till kontrollytorna (Figur 15). Denna skillnad var betydligt större än i de andra undersökta försöken. I kontrollytorna fluktuerade B-halten i årsbarr mellan åren, och skillnaden mellan 1983 och 1984 års barr var så pass stor som 3 ppm (Figur 15).



Figur 14.

Relativ grundytetillväxt i tallförsöket 29 Tårarjaure. Ytor gödslade 1969, 1975 och 1981 med 150–250 kg N/ha i form av AN. Vid 1981 års gödsling tillfördes 2 kg B/ha på hela gödslingsytorna med 250 kg N/ha samt på halva gödslingsytorna med 150 kg N/ha. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.

Vid revisionen 1985 fanns inga tecken på nya tillväxtstörningar för träden som fanns på gödslingsdelytorna utan B-tillförsel. Gödslingseffekterna blev dock svaga efter denna gödsling (Figur 14).



Figur 15.
Borhalter i årsbarr efter 1981 års gödsling i tallförsöket 29 Tårarjaure. Vid gödslingen tillfördes 2 kg B/ha på halva ytorna med 150 kg N/ha. Medeltal av två block.

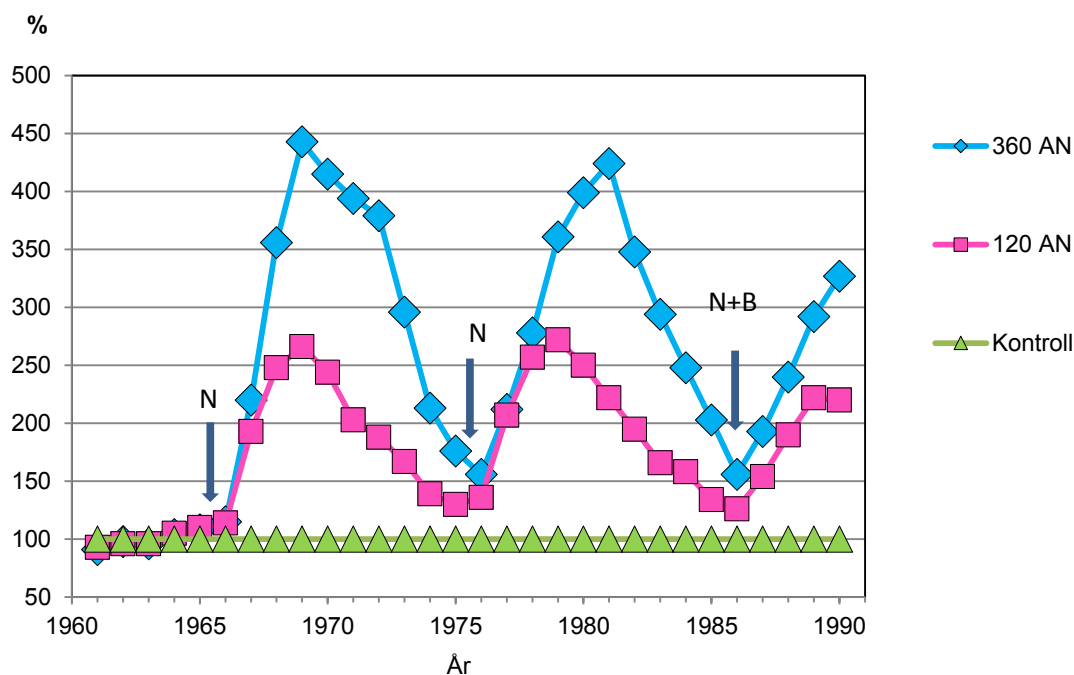
Inga B-bristskador i försök söder om Norrbottens län

Det finns inget dokumenterat exempel på framgödslade B-bristskador efter ensidig omgödsling med N i försök söder om Norrbottens län. I t.ex. två försök i Västerbotten och ett i Ångermanland var den naturliga B-halten i årsbarr 6–7 ppm på kontrollytorna och ”gränsvärdet” 3–4 ppm på ytorna gödslade 3–4 gånger med 3–5 årigt intervall med 120 kg N/ha i form av urea. I inget av dessa försök observerades synliga B-bristskador, och grundytetillväxtförloppen pekade inte heller på att B-bristskador skulle ha förekommit (data visas inte).

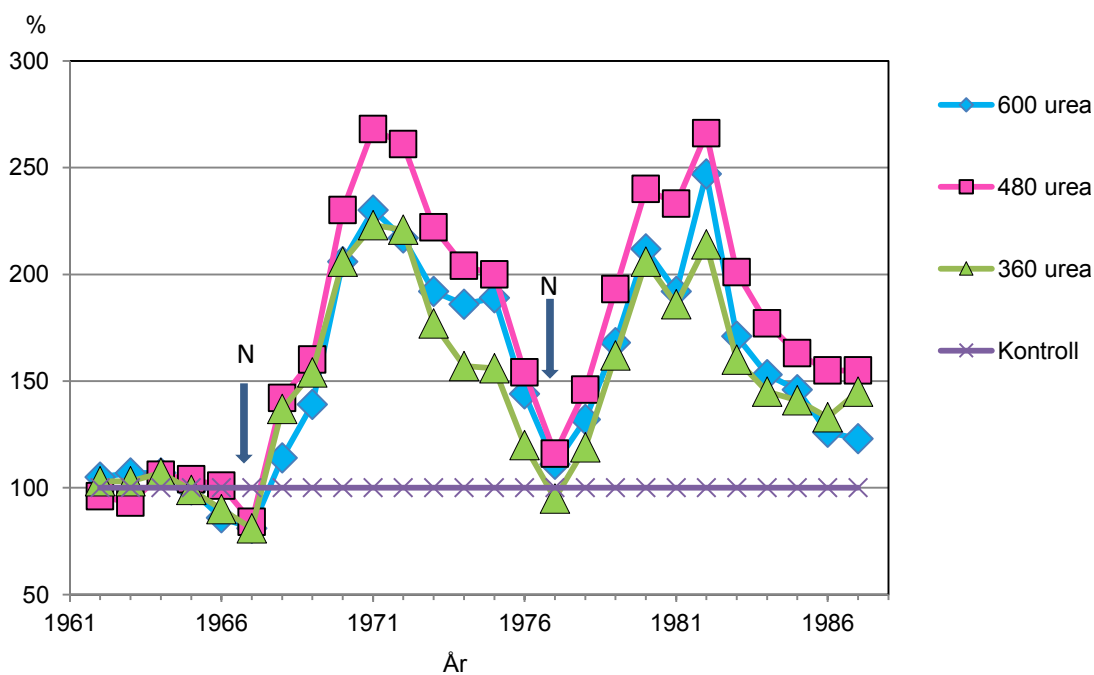
Gödslingsintervallet har en avgörande betydelse för risken för B-bristskador

Gödslingsintervallet har en avgörande betydelse för risken att synliga och tillväxteffektsänkande B-bristskador uppstår efter ensidig N-gödsling. Vid gödslingsintervall på 9 år eller längre finns inget exempel på framgödslade B-bristskador, inte ens vid mycket höga N-givor. Till exempel uppvisade ytorna med 9-årigt intervall i 1 Voullerim och 2 Sunderbyn inga skador. Som ytterligare exempel på gödslingsintervallets betydelse visas tillväxtutvecklingen i två försök i Västerbotten med höga N-givor och 10-årigt gödslingsintervall (Figur 16-17).

Försöket D73 Brännforsliden (Figur 16) utgjordes av 90-årig tall vid försöksanläggningen 1966. Ståndortsindex var T18, och marken var torr-frisk ristyp med 2 cm tjockt humuslager. Försöket D100 Bjurholm (Figur 17) utgjordes av 80-årig gran vid försöksanläggningen 1966. Ståndortsindex var G20, och marken var frisk ristyp med 6 cm tjockt humuslager. I både Brännforsliden och Bjurholm erhöles ungefär lika stora tillväxteffekter efter omgödslingen 1976 respektive 1977 som efter förstagångsgödslingen (Figur 16–17). I Bjurholm blev tillväxteffekterna ungefär lika stora oavsett N-giva i intervallet 360–600 kg N/ha. Detta talade för att 360 kg N/ha var tillräckligt för att uppnå maximal tillväxteffekt i beståndet.



Figur 16.
 Relativ grundytetillväxt i tallförsöket D73 Brännforsliden. Ytor gödslade 1966, 1976 och 1986 med 120–360 kg N/ha i form av AN. Vid 1986 års gödsling tillfördes 1 kg B/ha. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.



Figur 17.
 Relativ grundytetillväxt i granförsöket D100 Bjurholm. Ytor gödslade 1967 och 1977 med 360–600 kg N/ha i form av urea. Kontrollytornas tillväxt är satt till 100 %. Medeltal av två block.

Borbristskador har inte kunnat beläggas i granförsöken

Det finns inga indikationer om att det ska ha förekommit B-bristskador i grangödslingsförsöken. Det har dock saknats försök med N-omgödning i granbestånd i Norrbotten län. I övriga delar av Norrland har andelen grangödslingsförsök varit förhållandevis liten.

Barranalyser indikerade att sänkningen av B-halten i årsbarr efter N-gödning eventuellt kan vara mindre för gran än för tall. I granförsöket 170 Ramsele (G24, 70 år, frisk-fuktig blåbärsristyp, 5 cm humus) i Ångermanland, var B-halten i årsbarr på ensidigt N-gödslade ytor i genomsnitt endast drygt 1 ppm lägre än på kontrollytorna under fem vegetationsperioder efter första gödning (Tabell 8). Gödslingsytorna hade då hunnit gödslas tre gånger med 150 kg N/ha i form av AN. Även i det engångsgödslade granförsöket 141 Transtrand (G24, 105 år, frisk-fuktig blåbärsristyp, 5 cm humus) i Dalarna hade gödningen haft en liten påverkan på B-halten i årsbarr (Tabell 9). I båda dessa försök blev tillväxteffekterna goda.

Tabell 8.

B-halter i årsbarr i granförsöket 170 Ramsele, bestående av tre block. Gödning med 2-årigt intervall 1982, 1984 och 1986 med 150 kg N/ha i form av AN.

Årsbarr	3 kontrollytor, Borhalt, ppm		3 gödslingsytor, Borhalt, ppm		Medeltalsdifferens, gödslade ytor mot kontrollytor, ppm
	Medeltal	Min-Max	Medeltal	Min-Max	
1982	8,7	7,4 – 10,0	10,3	8,0 – 14,0	1,6
1983	10,4	8,6 – 14,0	10,5	7,0 – 16,0	0,1
1984	10,6	8,7 – 13,8	9,3	7,2 – 11,9	-1,3
1986	8,1	7,3 – 8,5	6,7	5,5 – 9,1	-1,4

Tabell 9.

B-halter i årsbarr i granförsöket 141 Transtrand, bestående av tre block. Engångsgödning 1978 med 150 kg N/ha i form av AN.

Årsbarr	3 kontrollytor, Borhalt, ppm		3 gödslingsytor, Borhalt, ppm		Medeltalsdifferens, gödslade ytor mot kontrollytor, ppm
	Medeltal	Min-Max	Medeltal	Min-Max	
1979	9,4	7,3 – 11,0	9,4	8,3 – 10,0	0,0
1980	7,4	5,7 – 9,7	7,3	6,2 – 8,8	-0,1
1981	8,8	7,2 – 10,0	9,4	6,7 – 12,0	0,6
1982	7,3	6,4 – 8,2	6,8	4,5 – 9,8	-0,5

Relativt stor variation i B-halt i årsbarr både mellan provytor och år

För försöken i Transtrand och i Ramsele var variationen i B-halt i årsbarr relativt stor, både mellan enskilda provytor och mellan enskilda år. Detta gällde såväl för kontrollytorna som för gödslingsytorna (Tabell 8–9). Denna relativt stora variation i B-halt i årsbarr mellan provytor och mellan enskilda år kunde även återfinnas i alla andra försök med tidsserier (t.ex. försöket i Tårarjaure, Figur 14).

B-halten i årsbarr ökar med minskande breddgrad

I försök och i barrprovtagna ”vanliga” bestånd var den ”naturliga” B-halten i årsbarr generellt sett lägst i norra Norrland (Tabell 10). Med minskande breddgrad ökade B-halten, men ökningen var inte särskilt stor i mellersta och södra Norrland. I södra Sverige var B-halten nästan den dubbla mot i norra Norrland (Tabell 10). Borhalten varierade även ganska kraftigt mellan olika bestånd i varje landsdel (Tabell 10). I två engångsgödslade, magra tallbestånd var B-halten i årsbarr under 6 ppm på kontrolltytor (204 Lakaträsk i Norrbotten, 5,5 ppm och 240 Lofsdalen i Härjedalen, 5,6 ppm).

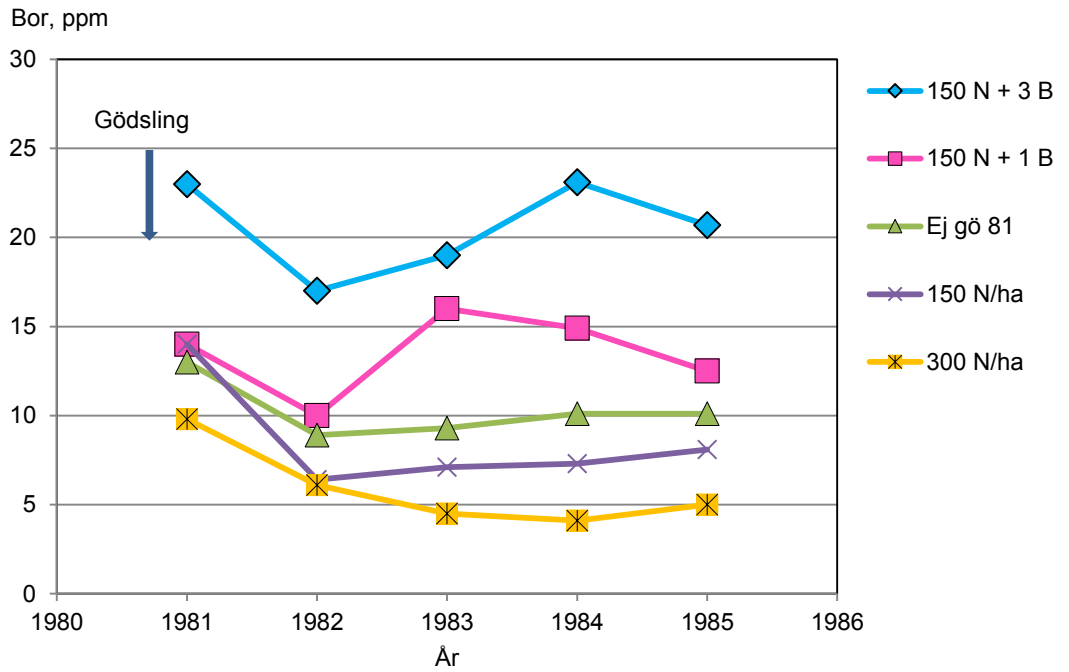
Tabell 10.

B-halter i årsbarr i ogödslade bestånd på fastmark, uppdelat på olika län. I materialet ingår 88 engångs eller upprepat gödslade försök (data från kontrolltytor) och 33 ”vanliga” bestånd.

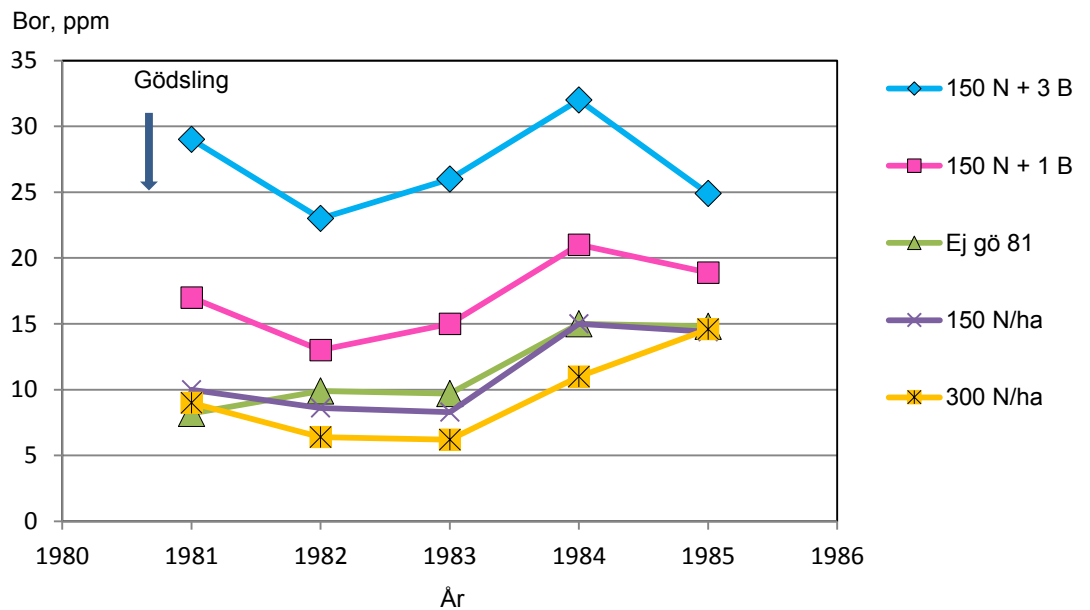
Län	B-halt i årsbarr i ogödslade bestånd, ppm				Andel bestånd, %	
	Antal bestånd	Medel	Min.	Max.	B <7 ppm	B <8 ppm
BD	12	9,0	5,5	11,6	8	33
AC	17	10,0	6,6	17,0	11	17
Z,Y	19	10,2	5,6	13,8	10	10
X	15	11,0	7,1	16,9	0	20
W,A,B,U,V,S	24	13,2	8,2	15,8	0	0
Övriga län	34	16,3	10,7	23,1	0	0

Försök med olika givor av N och B

För att fastställa B-upptaget i barren under uppbyggnadsperioden av barrbiomassan av samtidig N- och B-gödsling, samt lämplig giva med B, anlades två gödslingsförsök 1981, ett i Norrby i norra Västerbottens läns inland och det andra i Överkalix i Norrbottens län. Försöket 166 Norrby (Figur 18) utgjordes av 100-årig tall. Ståndortsindex var T21, och marken var frisk ristyp med 4 cm tjockt humuslager. Försöket 167 Överkalix (Figur 19) utgjordes av 110-årig tall. Ståndortsindex var T20, och marken var frisk ristyp med 3 cm tjockt humuslager. Bägge försöksbestånden var praktiskt gödslade, Norrby år 1975 och Överkalix år 1970 samt 1976. Vid försöksanläggningen fanns inga synliga tecken på B-bristskador. Försöken utformades som enträdsparcellförsök (8 försöksled, 10 upprepningar, gödsling med 5 m radie runt varje provträd). N-givan var 0, 150 samt 300 kg N/ha, medan B-givan var 0, 1, 2, 3 eller 4 kg B/ha.



Figur 18.
Borhalter i årsbarr i tallförsöket 166 Norrby. N-gödsling 1981 med respektive utan B-tillförsel. Försöksbeståndet hade gödslats praktiskt med N 1975.



Figur 19.
Borhalter i årsbarr i tallförsöket 167 Överkalix. N-gödsling 1981 med respektive utan B-tillförsel. Försöksbeståndet hade gödslats praktiskt med N 1970 samt 1976.

Det fungerade att tillföra B samtidigt med N

Barranalyserna visade att B-halterna i årsbarr ökade efter tillförsel av B samtidigt med N-gödslingen. Med givan 1 kg B/ha var B-halten i årsbarr klart högre jämfört med kontrollträden under de kritiska åren med stor barrbiomassatillväxt 2–4 vegetationsperioder efter gödsling (Figur 18–19). Med stöd av dessa resultat bedömdes det som lämpligt att använda AN-gödselmedel med en B-inblandning motsvarande 1 kg B/ha vid standardgivan 150 kg N/ha.

Trots att det var andra respektive tredje gödslingen med kort intervall (5–6 år) kunde inga synliga B-bristskador observeras efter gödsling med enbart N. Den enskilt lägsta B-halten var drygt 4 ppm år 1984 för försöksledet med 300 kg N/ha i Norrby (Figur 18). För den ”rena” N-gödslingen erhöles en stegring av B-halten i årsbarr under den fjärde (150 kg N/ha) respektive den femte (300 kg N/ha) vegetationsperioden efter gödsling (Figur 18–19). I båda försöken blev tillväxteffekten betydligt högre för 300 kg N/ha jämfört med 150. Borttillförseln hade inte inverkat på tillväxteffekten, vilket var i linje med att inga synliga (och därmed tillväxtnedsättande) B-bristskador hade uppstått.

DISKUSSION

Kärvt klimat kan ha stor betydelse för uppkomsten av synliga B-bristskador

I mellersta och södra Norrland fanns en hel del försöksbestånd med lika låga naturliga B-halter som i Norrbotten län (Tabell 10). Trots detta kunde inga synliga och tillväxteffektnedsättande B-bristskador av ensidig N-gödsling beläggas i försök söder om Norrbottens län. Detta indikerade att klimatläget kan ha stor betydelse för skadeuppkomsten. Som tidigare påpekats resulterar B-brist i barr och knoppar i sänkt köldtålighet hos tall (Dietrichson, 1968 i Kurkela, 1983). Det svårast skadade försöket 29 Tårarjåure var beläget på den kärvaste lokalen bland alla försök (latitud 66,43 grader, 400 m.ö.h., TΣUM = 577). Detta indikerade att ett kärvt klimat med extrema vintertemperaturer kan vara den utlösande faktorn för synliga B-bristskador i tallbestånd med låga B-halter i barren framkallade av intensiv N-gödsling. De första bedömningarna av skadorna var att de var klimatrelaterade och påminde om frostskaador (Möller, 1983).

Större minskning av B-halten i årsbarr efter omgödsling med kort intervall

Kvävehalten i årsbarr, samt tillväxteffektförloppet över åren, talar för att barrbiomassautbyggnaden normalt är avslutad 4–6 år efter gödsling. När N-omgödslingarna utfördes med täta intervall på 5–7 år i de skadedrabbade försöken borde förutsättningarna beträffande B-upptag och barrmassaexpansion varit ungefär desamma som vid förstagångsgödsling. Borbristskadorna indikerade emellertid att B-halterna i årsbarr måste ha minskat ännu mer efter omgödslingen än efter den första gödslingen. Det skulle då tyda på att det vid omgödslingen och åren därpå fanns ett mindre förråd av växttillgängligt B i marken, eller att trädens B-upptagningsförmåga hade blivit försämrade efter förstagångsgödslingen, eller en kombination av dessa faktorer.

Mängden växttillgängligt B och trädens näringsupptagningsförmåga torde vara försämrade under gödslingseffektperioden

Det finns teorier om att N-gödsling minskar poolen av växttillgängligt B i marken. Det är känt sedan länge att trädens allokering av kol till rötterna minskar efter N-gödsling (t.ex. Wikner, 1983). Enligt författaren innebär detta att utsöndringen av organiska syror i marken minskar, vilket leder till att en större andel av B fastnar i komplex med järn eller aluminium. Detta minskar då den växttillgängliga poolen av B.

Det finns flera studier som visar på att trädens näringsupptagningsförmåga kan bli försämrade vid intensiv N-gödsling, beroende på förändringar i finrötter och mykorrhiza. Vid hög N-tillförsel minskar finrotsproduktionen (Ahlström m.fl. 1988) samtidigt som rotsystemet blir ytligare (Persson, 1992). Enligt Högberg, m.fl (2010) minskade kolallokeringen till ektomykorrhiza och andra mikroorganismer med så mycket som 60 % på N-gödslade ytor i ett fältförsök. Enligt samma författare återhämtar sig ektomykorrhizan ganska snabbt efter det att N-tillförseln upphör. I ett försök med årlig gödsling av 100 kg N/ha under 20 år påvisades en signifikant återhämtning av mykorrhizan under en tidsperiod på 15 år efter att N-gödslingen hade avslutats (Högberg m.fl. 2010). Enligt Taylor, m.fl. (2005) verkar mykorrhizas återhämtning sammanfalla i tiden med när tillväxteffekten ebbar ut. Då borde även kolallokeringen till rötterna ha blivit normaliserad, och därmed även den växttillgängliga poolen av B i marken om Wikners (1983) teori håller. Denna förmodade ökning till ursprunglig nivå på växttillgängligt B och på normaliseringen av trädens näringsupptagningsförmåga kan förklara varför synliga B-bristskador och minskade tillväxteffekter aldrig har observerats vid långa N-omgödslingsintervall.

Ett generellt mönster i de B-bristskadade försöken med 5–7 årigt N-gödslingsintervall var att även den sista gödslingen (den tredje eller fjärde gödslingen), då även B tillfördes, resulterade i tydligt lägre tillväxteffekt än efter den första gödslingen. Detta fenomen med lägre omgödslingseffekt vid täta gödslingsintervall uppmärksammades även i andra försök utan synliga B-bristskador och utan kritiskt låga B-halter i barren (Pettersson, 1987; 1990). Hypotesen var att ett för litet upptag av andra näringsämnen som P och K begränsade trädens möjligheter att fullt ut kunna utnyttja omgödslingskvävet (Pettersson, 1990).

I ett stort antal tidigare intensivt N-gödslade försök erhöles inte någon signifikant mertillväxt efter ”fullgödsling” med NPKMgB (Mg=magnesium) jämfört med ensidig N-gödsling (N+B) (Jacobson och Pettersson, 2001; 2010). Barranalyser på ensidigt N-gödslade ytor visade inte på näringsobalanser. Näringsanalyser i marken kunde inte heller förklara avtagande omgödslingseffekter (Jacobson och Nohrstedt, 1993). Den sannolika förklaringen till lägre omgödslingseffekter vid täta N-omgödslingsintervall är att N-gödsling resulterar i en försämrade näringsupptagningsförmåga hos träden under en period på ca 10 år efter gödsling (tillväxteffektperioden), beroende på förändringarna i finrotsproduktion och mykorrhiza, såsom ovan tidigare redogjorts för.

Den största tillväxteffekten av varje enskild gödsling erhålls således om man tillämpar gödslingsintervall på 10 år eller längre. Detta ger den högsta verkningssgraden i tillväxteffekt per kilo tillfört N (Pettersson, 1987; Jacobson och Pettersson, 2010). Vid långa intervall blir tillväxteffekten ungefär lika hög som efter startgödslingen, även för höga N-givor. Normalt sett erhålls en högre tillväxteffekt per år om kortare N-omgödslingsintervall används. Marginalkostnaden för de extra framgödslade kubikmetrarna vid korta intervall är dock mycket hög och olönsam (Pettersson, 1987; Jacobson och Pettersson, 2010).

Borbristskadornas effekter på gödslingseffekten

I de försök och försöksytor, där B-halten i årsbarren var i ”bristnivåintervallet” på 3–5 ppm, och där ingen synlig barrutglesning hade ägt rum, kunde inga tydliga tecken på lägre omgödslingseffekter än förväntat konstateras. Låga B-halter i årsbarr har således en mycket liten påverkan på diameter- och volymtillväxtutvecklingen, vilket var i linje med rapporten från Lehto m.fl. (2010). Det var först vid synliga B-bristsskador, med barrutglesade eller torra trädtoppar som omgödslingseffekten hade blivit lägre än förväntat. I endast ett försök hade N-omgödslingen resulterat i lägre nettotillväxt (bruttotillväxt minus avgång) under gödslingseffektperioden jämfört med kontrollytorna (för 250 kg N/ha i Tårarajure under perioden 1975–1981). I alla övriga försök med tillväxteffekt-nedsättande B-bristsskador hade brutto- och nettotillväxten varit betydligt högre på de B-bristsskadade gödslingssystemen jämfört med på kontrollytorna.

De synliga B-bristsskadorna fanns i trädens massavedsdel

Borbristsskador som resulterar i torra toppar och förlorad apikal dominans (som i Tårarajure) ger sänkt virkeskvalitet i den skadade virkesdelen. I de aktuella försöken fanns skadorna högt uppe i träden i massavedsdelen i de äldre försöksbestånden. Den ekonomiska betydelsen av de synliga skadorna var således liten. Praktisk gödsling utförs under den senare delen av omloppstiden och hypotetiska tillväxtstörningar i trädtopparna efter intensiv praktisk N-gödsling har således liten ekonomisk betydelse.

I de fall tillväxtstörningar och förlorad apikal dominans uppstår tidigt under växttiden blir förlusterna större, som i de yngre, B-skadedrabbade granbestånden på tidigare svedjemarker i östra Finland. I dessa bestånd uppkom skadorna i sågtimmerdelen, vilket gav betydande ekonomiska förluster (Hynönen och Makkonen, 2004).

Hur omfattande var B-bristsskadorna i de praktiska gödslingarna?

Den praktiska gödslingen startade i början på 1960-talet och var som mest omfattande under perioden 1970–1985, med en topp på nära 200 000 ha per år i slutet på 1970-talet (Jacobson m.fl. 2005). Skogsföretagen tillämpade korta gödslingsintervall (4–6 år) fram till den senare delen av 1980-talet. Det fanns åtskilliga bestånd i landet som var N-gödslade 4–6 gånger i början på 1980-talet. Mot bakgrund av att det med normala givor endast hade uppstått lättare B-bristsskador i två försök och mer allvarliga i ett av försöken kan det inte betecknas som särskilt förvånande att antalet rapporter om ”klimatskador” eller B-bristsskador var fåtaliga från det praktiska skogsbruket och gödsling-entreprenörerna.

Ingen påverkan på den långsiktiga produktionsförmågan

I enlighet med Möllers (1983) teori kan det fastslås att den framgödslade B-bristen i årsbarr som kan uppstå efter ensidig N-omgödsling med korta intervall är momentan under något eller några år, nämligen under det mest expansiva skedet av barrbiomassans tillväxtökning, för att därefter upphöra.

Det finns inget som talar för att det finns någon risk för att den långsiktiga produktionsförmågan blir försämrad av N-framgödslade B-bristskador under några år. Det extra B som upptagits för barrbiomassaexpansionen har vid tillväxteffektperiodens slut återbördats till marken i barrförnan. En tydlig indikation på att trädens näringsupptagningsförmåga och tillgången på växttillgängligt B torde vara normaliserad vid gödslingseffektperiodens slut är resultaten från omgödslingar med ensidig N-gödsling och intervall på 9 år och längre, vilka visade på ungefär lika höga tillväxteffekter efter omgödsling som efter den första gödslingen. Det torde i dag finnas åtminstone 500 000 hektar i landet med yngre skog som växer på skogsmark där tidigare trädgeneration N-gödsldes intensivt 4–6 gånger utan B-tillförsel under perioden 1960–1985.

Behövs B-haltigt kvävegödselmedel vid dagens skogsgödsling?

Sedan slutet på 1980-talet har B-berikat kalkkammonsalpeterr (Kas) använts vid skogsgödsling. Kas är AN med inblandning av dolomitkalk. Den mängd dolomitkalk som tillförs marken vid gödsling med Kas är mycket liten (ca 100 kg/ha) i förhållande till vad som brukar tillföras vid kalkning (flera ton/ha). Inblandningen av dolomitkalk i Kas är anpassad för att motverka försurningseffekter i mark och vatten, och inte för att öka markens pH. Den mängd kalk som tillförs vid N-gödsling med Kas utan B-tillsats är därför sannolikt för liten för att inducera B-brist (Wikner, 1983; Letho, 1995).

De marker där B-bristskador påvisats måste betraktas som ”marginalmarker” för skogsgödsling. Lågproduktiva tallbestånd har låg löpande tillväxt, vilket ger förhållandevis små tillväxteffekter. I kombination med låga rotvärden per kubikmeter kan gödsling av sådana bestånd ifrågasättas från ekonomisk synpunkt. Dessutom växer många lågproduktiva tallbestånd i norra Norrlands inland på torra marker med marklav, varför dessa bestånd är viktiga för rennäringen. Av dessa skäl kan man överväga att utföra endast en gödsling i slutet av omloppstiden på dessa marker (B-fritt N-medel går då bra), alternativt att helt avstå från gödsling av sådana bestånd.

I dag är förutsättningarna för skogsgödsling radikalt förändrade än då gödslingsråden gavs 1983, vilka rekommenderade B-tillsats norr om 60:e breddgraden. Gödslingsintervallet är för de flesta företagen betydligt längre numera (ofta minst 10 år). Vidare är totalgivan N/ha under rotationsperioden i dag begränsad av Skogsstyrelsens allmänna råd (som mest 450 kg N/ha gällande för norra Sverige, motsvarande tre gödslingar med standardgivan 150 kg N/ha). Dessutom utförs gödslingen nu med hjälp av GPS-navigering. Detta ger god spridningsjämnhet, och små risker för att beståndsdelar tillförs hög N-giva. Med dagens gödslingsintervall och gödslingsutförande kan risken för framgödsling av synliga och tillväxteffektnedsättande B-bristskador bedömas vara mycket liten, även för riskbestånden på svaga tallmarker i Norrbottens läns inland. Det kan därför knappast finnas skäl för att använda B-haltiga N-medel vid gödsling av ”normal” skogsmark.

Bor-berikat N-gödselmedel är lite dyrare än B-fritt. Som skogsgödslande markägare kan merkostnaden betraktas som en riskpremie för att undvika risken för tillväxteffektnefsättande B-bristskador. Genom att göra en egen riskanalys, t.ex. baserat på analyserna i denna sammanställning, kan man ta ställning till om man ska använda B-fritt eller B-berikat N-medel. Exempelvis, om man som skogsägare i Norrland bedömer att 2 % av gödslingarna (normaleffekt 15 m³sk/ha) ger B-bristskador som reducerar effekten med 3 m³sk/ha, blir tillväxteffekten 0,06 (0,02 × 3) m³sk/ha lägre för varje gödlat hektar. Om rotvärdet på varje kubikmeter är 300 kr blir gödsvinsten per hektar 18 kr mindre vid användandet av B-fritt N-medel. I detta exempel blir det lönsamt att använda B-fritt N-medel om merkostnaden för B-berikat N-medel överstiger 18 kr/ha.

Slutsatser

I fem försök hade synliga och tillväxteffektnefsättande Borbristskador uppstått efter N-omgödning med intervall på 5–7 år. Det var framför allt efter höga N-givor som skador hade uppstått. Endast i tre försök hade tillväxteffektnefsättande skador erhållits efter omgödning med normalgivor (120–150 kg N/ha). Däremot kunde inga säkra B-bristskador observeras efter förstagångsgödning eller efter omgödning med långa tidsintervall på 9 år eller längre. De synliga och tillväxteffektnefsättande B-bristskadorna hade uteslutande uppstått i försök på magra tallmarker i Norrbottens läns inland. Lågproduktiva tallbestånd på torr och humusfattig mark i kärva klimatlägen är således de riskobjekt som kan pekats ut enligt den genomgång av försök som gjorts.

Den framgödslade B-bristen i årsbarr som kan uppstå efter N-omgödning med korta intervall är momentan under något eller några år, nämligen under det mest expansiva skedet av barrbiomassans tillväxtökning, för att därefter upphöra. Det finns inget som talar för att det finns någon risk för att den långsiktiga produktionsförmågan skulle bli försämrade av N-framgödslade B-bristskador under några år. Det extra B som upptagits för barrbiomassaexpansionen har vid tillväxteffektperiodens slut återbördats till marken i barrförnan. En tydlig indikation på att trädens näringsupptagningsförmåga och tillgången på växttillgängligt B torde vara normaliserade vid gödningseffektperiodens slut är resultaten från omgödningar med ensidig N-gödning och intervall på 9 år och längre, vilka visade på ungefär lika höga tillväxteffekter efter omgödning som efter den första gödningen.

Den praktiska gödningen har förändrats i hög grad sedan råden om användning av B-berikade N-gödselmedel kom på 1980-talet. I dag tillämpas som regel extensiva gödningssystem med gödningssystemintervall på 10 år eller längre, samt maximalt 1–3 gödningar under omloppstiden. Gödselspridningen har dessutom blivit mycket jämnare tack vare navigering med GPS. Numera tillämpas sålunda en gödningssystem som inte heller i riskområdet norra Norrlands inland gav ett upphov till synliga eller tillväxtnefsättande B-bristskador.

Skogsgödslande markägare bör göra en egen riskanalys inför beslutet om man ska använda B-berikat eller B-fritt N-medel. Exempelvis, om man som skogsägare i Norrland bedömer att 2 % av gödslingarna ger B-bristskador som reducerar effekten med 3 m³sk/ha, blir det lönsamt att använda B-fritt N-medel om merkostnaden för B-berikat N-medel överstiger ca 20 kr/ha.

Riskobjekten för B-bristskador, d.v.s. de lågproduktiva tallbestånden i kärva klimatlägen, är ”marginalmarker” från ekonomisk gödslingssynpunkt, varför man kan överväga att gödsla dessa marker bara en gång i slutet av omloppstiden eller att inte gödsla alls. En faktor att väga in i detta gödslingsbeslut är att dessa marker är viktiga för rennärigen.

Erkännanden

Ett stort tack riktas till mina arbetskollegor Olle Rosenberg, Ulf Sikström, Staffan Jacobson och Lars Högbom för värdefulla synpunkter och förbättringsförslag på manuskriptet.

Referenser

- Ahl, T. & Jönsson, E. 1972. Boron in Swedish and Norwegian fresh waters. *Ambio* 1:66–70.
- Ahlström, K., Aronsson, A. & Börjesson, I. 1988. Fertilization in a mature Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – effects on fine roots. *Plant Soil*, 106: 179–190.
- Albrektson, A., Aronsson, A. & Tamm, C.O. 1977. The effect of forest fertilization on primary production and nutrient cycling in the forest ecosystem. *Silvia Fennica*, Vol. 11 (3), 233–239.
- Aronsson, A. 1983. Growth disturbances caused by boron deficiency in some fertilized pine and spruce stands on mineral soils. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 116–122.
- Aronsson, A. 1984. Inverkan av mikronäringsgödsling på barrhalterna i ett ungt tallbestånd. *K. Skogs- o. Lantbr.akad. tidskr. Suppl.* 16:67–70.
- Braekke, F.H. 1979. Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. *Reports of the Norwegian Forest Research Institute* 35: 213–236.
- Braekke, F.H. 1983. Occurrence of growth disturbance problems in Norwegian and Swedish forestry. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116:20–25.
- Dell, B. & Huang, L. 1997. Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil* 193: 103–120.
- Dugger, W. M. 1983. Boron in plant metabolism. In: *Inorganic plant nutrition*. Eds: Läuchi, A. and Bielecki, R. L. *Encyclopedia of plant physiology*. New series, vol 15B, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio.
- Eriksson, J. 1980. Bor i mark och vegetation kring en glasullsindustri. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap. Examensarbete, 58 s. Uppsala.
- Ferm, A., Hokkanen, T., Moilanen, M. & Issakainen, J. 1992. Effects of wood bark ash on the growth and the nutrition of Scots pine afforestation in central Finland. *Plant and soil* 147: 305–316.

- Folkesson, C. 2007. Marktillstånd och borbrist på åkermark planterad med gran I Västerbottens län. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel. Examensarbete2007:9, 38 s. Umeå.
- Goldberg, S. 1997. Reactions of boron with soils. *Plant Soil* 193:35–48.
- Goldberg, S. & Glaubig, R. A. 1986. Boron adsorption on California soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:704–708.
- Goldberg, S., Forster, H. S. & Heick, E. L. 1993. Boron adsorption mechanisms on oxides, clay minerals and soils inferred from ionic strength effects. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:704–708.
- Hu, H. & Brown, P. H. 1997. Adsorption of boron by plant roots. *Plant Soil* 193:49–58.
- Holmen, H., Nilsson, Å.; Popovic, B. & Wiklander, G. 1976. The optimum nutrition experiment Norrliden. A brief description of an experiment in a young stand of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Rapport och uppsatser Nr 26. Skogshögskolan, Inst. f. växtekologi och marklära. Stockholm, 24 s.
- Hynönen, T. & Makkonen, T. 2004. Growth disturbances in Norway spruce stands in north Savo and their economic significance. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 934: 30-34. (In Finnish).
- Hynönen, T., Korhonen, K.T. & Tammilehto, E. 1999. Growth disorders of spruce in upland forest s of north Savo. *Metsätieteen aikakauskirja* 1999(3): 577–581. (In Finnish).
- Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Soil nutrient regime and tree nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland. *Folia Forestalia* 822. 32 s. (På finska med engelsk sammanfattning).
- Högberg, P., Nordström Högberg, M. & Näsholm, T. 2010. Ektomykorrhizan minskar förluster av kväve från skogen (Sveriges lantbruksuniversitet, Fakta skog nr 11, 2010), 4 s. Växjö.
- Jacobson, S. & Nohrstedt, H.-Ö. 1993. Effects of repeated nitrogen supply on stem growth and nutrients in needles and soil (Skogforsk, Report No. 1, 1993), 36 s. Oskarshamn.
- Jacobson, S. & Pettersson, F. 2001. Growth responses following nitrogen and N-P-K-Mg additions to previously N fertilized Scots pine and Norway spruce stands on mineral soils in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* 31:899–909.
- Jacobson, S. & Pettersson, F. 2010. An assessment of different fertilization regimes in three boreal coniferous stands. *Silva Fennica* 44(5): 815–827.
- Jacobson, S., Pettersson, F., Högbom, L. & Sikström, U. 2005. Skogsgödsling – en handledning från Skogforsk. 55 s. Gävle.
- Jukka, L. (ed.). 1988. Metsänterveysopas. Mätsen tuhot ja niiden torjunta. Samerka, Helsinki, 168 pp.
- Kolari, K.K. 1983. Physiological and biochemical role of micronutrients in growth disturbances of forest trees. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 39–43
- Kurkela, T. 1983. Early observations on die-back of scots pine in the fertilization experiments at kivisuo. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 10–16.
- Landergren, S. 1944. Contribution to the Geochemistry of Boron. *Arkiv för kemi, mineralogy och geologi.* Band 19 A, No 26.
- Lehto, T. 1994. Effects of liming and boron fertilization on mycorrhizas of *Picea abies*. *Plant Soil* 163, 65–68.

- Lehto, T. 1995. Boron retention in limed forest mor. *For. Ecol. Manage.* 78:11-20.
- Lehto, T., Kallio, E. & Aphalo, P.J. 2000. Boron mobility in two conifers species.. *Annals of Botany* 86: 547–550.
- Lehto, T., Lavola, A., Julkunen-Tiitto, R. & Aphalo P.J. 2004. Boron retranslocation in Scots pine and Norway spruce. *Tree physiology* 24: 1011–1017.
- Lehto, T., Ruuhola, T. & Dell, B. 2010. Boron in forest trees and forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 260 (2010) 2053–2069.
- Lipas, E. 1990. Lime-induced boron deficiency in Norway spruce on mineral soil. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 352. 22 p. (in Finnish with English abstract).
- Möller, G. 1983. Borbristksador efter upprepad kvävegödsling på fastmark. I: Årsbok 1983 (Föreningen Skogsträdsförädling, Institutet för skogsförbättring), 47–70. Uppsala.
- Möttönen, M., Lehto, T & Aphalo, P.J. 2001a. Growth dynamics and mycorrhizas of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings in relation to boron availability. *Trees* 15: 319–326.
- Möttönen, M. Aphalo, P. J. & Letho, T. 2001b. Role of boron in drought resistance in Norway spruce (*Picea abies*) seedlings. *Tree Physiol.* 21: 673–681.
- Persson, H. 1992. Factors affecting fine root dynamics of trees. *SUO*, 43(4-5): 163–172.
- Pettersson, F. 1987. Förlängt gödslingsomdrev minskar kubikmeterkostnaden (Institutet för skogsförbättring, Gödslingsinformation Nr 3 1986/87), 6 s. Uppsala.
- Pettersson, F. 1990. PK-spåret (Institutet för skogsförbättring, Information Växtnäring-skogsproduktion Nr 1 1990/91), 4 s. Uppsala.
- Power, P. P. & Woods, W. G. 1997. The chemistry of boron and its speciation in plants. *Plant Soil* 193:1–13.
- Räisänen, M., Repo, T. & Lehto, T. 2006. Effect of thawing time, cooling rate and boron nutrition on freezing point of the primordial shoot in Norway spruce buds. *Annals of Botany* 97: 595–599.
- Saarsalmi, A. & Tamminen, P. 2005. Boron, phosphorus and nitrogen fertilization in Norway spruce stands suffering from growth disturbances. *Silvia Fennica* 39(3): 351–364.
- Shorrocks, V. M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant Soil* 193:121–148.
- Stone, E. L. 1990. Boron deficiency and excess in forest trees. A review. *For. Ecol. Manage.* 37:49–75.
- Tamm, C.O., Nilsson, Å. & Wiklander, G. 1974. The optimum nutrition experiment Lisselbo. A brief description of an experiment in a young stand of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Rapporter och Uppsatser* No. 18. Dept. of Plant Ecology and Forest Soils. Roy. Coll. Forestry. Stockholm, 25 pp.
- Taylor, A., Malmberg, A., Finlay, R. & Högbom, L. 2005. Gödsling påverkar mykorrhizasamhället – men effekten verkar vara övergående (Skogforsk, Resultat Nr 1 2005), 4 s. Uppsala.
- Wikner, B. 1983. Distribution and mobility of boron in forest ecosystems. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116:131–141.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2013

2013

- Nr 786 Grönlund, Ö. & Eliasson, L. 2013. Knivslitage vid flisning av grot. Effects of knife wear on performance and fuel consumption for a small drum chipper. 12 s.
- Nr 787 Sonesson, J. & von Hofsten, H. 2013. Effektivare fältarbete med nya datakällor för skogsbruksplanering.
- Nr 788 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller, J.J. 2013. Kvalitetssäkring av beräkningsresultat från hprCM och konvertering av pri- till hpr-filer. – Quality assurance of calculation results from hprCM and conversion of prifiles to hpr files. 24 s.
- Nr 789 Brunberg, T. 2013. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare 2012. – Fuel consumption in forest machines 2012. 12 s.
- Nr 790 Eliasson, L. 2013. Skotning av hyggestorkad grot. 11 s.
- Nr 791 Andersson, G. & Frisk, M. 2013. Skogsbrukets transporter 2010. – Forestry transports in 2010. 91 s.
- Nr 792 Nordström, M. & Möller, J.J. 2013. Kalibrering av skördarens mätsystem. – En kartläggning av nuläge och utvecklingsbehov. A review of current status and development needs. 15 s.
- Nr 793 Lombardini, C., Granlund, P. & Eliasson, L. 2013. Bruks 806 STC. 0150 – Prestation och bränsleförbrukning. 9 s.
- Nr 794 Fridh, L. 2013. Kvalitetssäkrad partsmätning av bränsleved vid terminal. – Quality-assured measurement of energy wood at terminals.
- Nr 795 Hofsten von, H. & Brantholm, M.-Å. 2013. Kostnader och produktivitet i stubbskörd – En fallstudie. 9 s.
- Nr 796 Brunberg, T. & Iwarsson Wide, M. 2013. Underlag för prestationshöjning vid flerträds-hantering i gallring – Productivity increase after multi-tree handling during thinning. 7 s.
- Nr 797 Spatial distribution of logging residues after final felling. – Comparison between forest fuel adapted final felling and conventional final felling methods. Trädresternas rumsliga fördelning efter slutavverkning. – Jämförelse mellan bränsleanpassad och konventionell avverkningsmetod. 19 s.
- Nr 798 Möller, J.J., Arlinger, J. & Nordström, M. 2013. Test av StanForD 2010 implementation i skördare.
- Nr 799 Björheden, R. 2013. Är det lönsamt att täcka grotten? Effekten av täckpappens bredd på skogsbränslets kvalitet. – Does it pay to cover forest residue piles? The effect of tarpaulin width on the quality of forest chips. 15 s.
- Nr 800 Almqvist, C. 2013. Metoder för tidig blomning hos tall och gran. – Slutrapport av projekt 40:4 finansierat av Föreningen skogsträdsförädling. – Early strobili induction in Scots pine and Norway spruce. – Final report of Project no. 40:4, funded by the Swedish Tree Breeding Association. 26 s.
- Nr 801 Brunberg, T. & Mohtashami, S. 2013. Datoriserad beräkning av terrängtransportavståndet. – Computerised calculation of terrain transport distance. 8 s.
- Nr 802 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. 2013. Analyses of forest management systems for increased harvest of small trees for energy purposes in Sweden.

- Nr 803 Edlund, J., Jonsson, R. & Asmoarp, V. 2013. Fokusveckor 2013 – Bränsleuppföljning för två fordon inom ETTdemo-projektet, ST-kran och ST-grupp. – Monitoring fuel consumption of two rigs in the ETTdemo project, ST-crane and ST-group. 22 s.
- Nr 804 Iwarsson-Wide, M., Olofsson, K., Wallerman, J., Sjödin, M., Torstensson, P. O., Aasland, T., Barth, A. & Larsson, M. 2013. Effektiv volymuppskattning av biomassa i vägkanter och ungskogar med laserdata. – Effective estimate of biomass volume on roadsides and in young forests using laser data 40 s.
- Nr 805 Iwarsson-Wide, M., L., Bäfver, Renström, C. & SwedPower, P. 2013. Fraktionsfördelning som kvalitetsparameter för skogsbränsle – Kraft- och värmeverkens perspektiv. 38 s.
- Nr 806 Englund, M. & Jönsson, P. 2013. LED-lampor i såglådan – En pilotstudie. – LED lamps in the saw box – A pilot study. 8 s.
- Nr 807 Nordlund, A., Ring, E., Högbom, L. & Bergkvist, I. 2013. Beliefs among Formal Actors in the Swedish Forestry Related to Rutting Caused by Logging Operations. – Attityder och åsikter med koppling till körskador inom olika yrkesgrupper i skogsbruket 18 s.
- Nr 808 Arlinger, J. & Jönsson, P. 2013. Automatiska tidsstudier i skogsmaskinsimulator. – Driftuppföljning och produktionsdata enligt StanFord 2010. Automatic time-studies in forest machine simulators – Operational monitoring and production data according to StanForD 2010. 10 s.
- Nr 809 Englund, M., Mörk, A. & Jönsson, P. 2013. Skotartävling på Elmia – Kran- och motorinställningars påverkan på bränsleförbrukning och tidsåtgång. Forwarder contest at Elmia. – Effect of crane and engine settings on fuel consumption and speed of work. 9 s.
- Nr 810 Eliasson, L., Lombardini, C., Lundstruöm, H. & Granlund, O. 2013. Eschlböck Biber flishugg – Prestation och bränsleförbrukning – Rangering av fliscontainrar med en John Deere 1410 containerskyttel.
- Nr 811 Eliasson, L. 2013. En simulering av en integrerad skördare för förpackad flis vid energiuttag i gallring. – Simulation of an integrated harvester for pre-packaged chips during energy harvest in early thinning. 16 s.
- Nr 812 Englund, M. 2013. Test av stolar och tillbehör med avseende på helkroppsvibrationer. Test of seats and associated equipment in terms of whole-body vibrations. 32 s.
- Nr 813 Enström, J., Athenasiadis, D., Grönlund, Ö. Öhman, M. 2013. Framgångsfaktorer för större skogs bränsleterminaler. – Success factors for larger energy wood terminals. 37 s.
- Nr 814 Wennström, U. 2013. Holmens fröbehov, produktion och genetisk kvalitet 2012-2060. – Holmen's seed requirements: production and genetic quality 2012–2060. 50 s.
- Nr 815 Hannrup, B., Andersson, M., Larsson, J., Sjöberg, J. & Johansson, A. 2013. Slutrapport för projekt "Beröringsfri diametermätning i skördare – Utveckling av skräpreducerande skydd". Final report of the project 'Hands-free measurement of stem diameter in harvesters. – Development of waste-reducing protection'. 71 s.
- Nr 816 Eriksson, E. & Täljeblad, M. 2013. Prekal – Självföryngring före slutavverkning. – Slutrapport Försök 1–6. Prekal. – Natural regeneration before final felling. Final report, Experiments 1–6. 28 s.

2014**Arbetsrapporter år 2014**

- Nr 817 Arlinger, J., Brunberg, T., Lundström, H. & Möller, J. 2014. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. – Comparison of JD1170E and JD1470E in final felling at SCA Skog AB, autumn 2013. 29 s.
- Nr 818 Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. The STIG Project, 2010-2014. 19 s.
- Nr 819 Björheden, R. 2014. Studie av Fixteri FX15a klenträdsbuntare. – Study of Fixteri FX15a small-tree bundling unit. 21 s.
- Nr 820 Löfroth, C. & Brunberg, T. 2014. Bränsleförbrukningen hos rundvirkesfordon 2008 och 2013. Fuel consumption of roundwood vehicles in 2008 and 2013. 12 s.
- Nr 821 Jönsson, P., Hannrup, B., Gelin, O. & Löfgren, B. 2014. Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång. – Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption. 24 s.
- Nr 822 Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Effekten av olika bottensäll på prestation, bränsleförbrukning och flisens fraktionsfördelning för flishuggarna Kesla 645 och Eschlböck. Biber-92. – Effects of sieve size on chipper productivity, fuel consumption and chip size distribution for the chippers Kesla 845 and Eschlböck Biber-92. 18 s.
- Nr 823 Eliasson, L., Lombardini, C., Granlund, P., Magagnotti, N. & Spinelli, R. 2014. Prestation och bränsleförbrukning för en lastbilsmonterad Pezzolato PTH 1200/820 flishugg. – Performance and fuel consumption of a truck-mounted Pezzolato PTH 00/820 chipper. 12 s.
- Nr 824 Iwarsson- Wide, M. Grönlund, Ö. 2014. Lastindikatorer och lastbärvågar. 15 s. – Load indicators and weighing devices on load carriers 12 s.
- Nr 825 Sikström, U. 2014. Föryngring av gran under högskärm: Försöksverksamhet vid Bergvik Skog-Uppföljning 2013. – Regeneration of Norway spruce under shelterwood: Comparison of two types of thinning at the preparatory felling. 48 s.
- Nr 826 Englund, M. 2014. Mätning av mental arbetsbelastning – En metodstudie. 27. – Measurement of mental workload-A method study. 31 s.
- Nr 827 Jönsson, P., Björheden, R. & Eliasson, L. 2014. Destinerings- och lägesbyten för att effektivisera transporterna av sko gsfis. – Destination and location exchange will reduce transportation distance. 11 s.
- Nr 828 Barth, A., Holmgren, J., Wilhelmsson, L. & Nordström, M. 2014. – Evaluation of single tree based estimates with terrestrial laser scanning in Sweden.
- Nr 829 Jacobson, S. 2014. Asktilförel och dess påverkan på trädens tillväxt och näringsstatus. – Revision av sex fältförsök. – Effect of application of wood ash on tree growth and nutrient status-Revision of six field experiments 32 s.
- Nr 830 Björheden, R. 2014. Proceedings of the Nordic Baltic Conference OSCAR14. Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25-27, NOVA Park Conference, Knivsta, Sweden. – Proceedings från den Nordiska Baltiska konferensen OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25–27, 2014, NOVA Park Conference, Knivsta, Sverige. 114 s.
- Nr 831 Widinghoff, J. 2014. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT and ST-vehicles. 21 s.

- Nr 832 Fridh, L. 2014. Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyser. – Evaluation of the METSO MR Moisture Analyser. 8 s.
- Nr 833 Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning. – A performance and fuel consumption when chipping logging residues of beech 10 s.
- Nr 834 Sonesson, J., Berg, S., Eliasson, L., Jacobson, S., Widenfalk, O., Wilhelmsson, L., Wallgren, M. & Lindhagen, A. SLU. Konsekvensanalyser av skogsbrukssystem. – Täta förband i tallungskogar. 105 s.
- Nr 835 Eliasson, L. 2014. Flisning av bränsleved och delkvistad energived med en stor trumhugg–CBI6400. – Chipping of stem wood and partly delimbed energy wood using a large drum chipper, CBI 6400, at a terminal. 12 s.
- Nr 836 Johansson, F., Grönlund, Ö., von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2014. Huggbilshaverier och dess orsaker. – Chipper truck breakdowns and their causes. 12 s.
- Nr 837 Rytter, L. & Lundmark, T. 2014. Trädslagsförsök med inriktning på biomassaproduktion – Etapp 2. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 20 s.
- Nr 838 Skutin, S.-G. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning. – Drivare med automatisk lastning och nytt arbetssätt. – Simulation of TimberPro harwarder with loading device in final felling.-Harwarder with automatic loading and new method of working. 19 s.
- Nr 839 Fridh, L. 2014. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyser. – Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyser. s. 8.
- Nr 840 Andersson, G. & Svenson, G. 2014. Viktsutredningen del 2. Vägning för transportvederlag. – Weight study Part 2. Weighing for transport remuneration.
- Nr 841 Mullin, T. J. 2014. OPSEL 1.0: a computer program for optimal selection in forest tree breeding. – Opsel 1.0: Dataprogram för optimalt urval i skogsträdsförädlingen s. 20.
- Nr 842 Persson, T. & Ericsson, T. 2014. Projekt rapport. Genotyp – Miljösamspel hos tall i norra Sverige. – Projektnummer 133. – Genotype-environment interactions in northern Swedish Scots pine. 12 s.
- Nr 843 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige – Kunskap slädeoch material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materials. 55 s.
- Nr 844 Hofsten von, H., Nordström, M. & Hannrup, B. 2014. Kvarlämnade stubbar efter stubbskörd. – Stumps left in the ground after stump harvest 15 s.
- Nr 845 Pettersson, F. 2014. Röjnings- och gallringsförbandets samt gödslingsregimens (ogödslat/gödslat) effekter i tallskog på skogsproduktion och ekonomi. – Effects of spacing (pre-commercial thinning and thinning) and fertilisation regime (unfertilised/fertilised) on production and economy in Scots pine forest. 69 s.
- Nr 846 Pettersson, F. 2014. Behovet av borttillsättning vid kvävegödsling av barrskog på fastmark. – Boron additive needed in nitrogen fertilisation of coniferous forest on mineral soil. 32 s.
- Nr 847 Johannesson, T. 2014. Grövre bränsle en omöjlig uppgift? – Larger fuel chips an impossibility. – Biomass Harvest and Drying Training Seminar Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnesota. s. 16.
- Nr 848 Johannesson, T. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning. – Biomass Harvest and Drying Education Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnesota. 13 s.

- Nr 849 Jönsson, P., Eliasson, L. & Björheden, R. 2014. Location barter may reduce forest fuel transportation cost. – Destinerings- och lägesbyten för att effektivisera transporter av skogsflis. s 10.
- Nr 850 Englund, M., Häggström, C., Lundin, G. & Adolfsson, N. 2014. Information, struktur och beslut – En studie av arbetet i gallringsskördare och skördetröska. – Information, structure and decisions – a study of the work done by thinning harvesters and combine harvesters.
- Nr 851 Berlin, M., Ericsson, T. & Andersson-Gull, B. 2014. Plantval – manual med implementeringsteknisk bakgrund. – Plantval – manual and background to technical implementation. 57 s.
- Nr 852 Jansson, G. & Berlin, M. 2014. Genetiska korrelationer mellan tillväxt- och kvalitetsegenskaper- – Genetic correlations between growth and quality traits. 26 s.
- Nr 853 Hofsten von, H. 2014. Utvärdering av TL-GROT AB's stubbaggat. – Evaluation of the TL-GROT AB stump harvester 10 s.
- Nr 854 Iwarsson Wide, M., Nordström, M. & Backlund, B. Nya produkter från skogsråvara- En översikt av läget 2014. – New products from wood raw material-Status report 2014. 62 s.
- Nr 855 Willén, E. & Fridh, L. 2014. Mobilt mätsystem för insamling av träd- och beståndsdata. – Mobile measurement system for collecting tree and stand data. 34 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 846–2014



www.skogforsk.se